



SKRIPSI – TK141581

**PENINGKATAN KUALITAS GARAM RAKYAT
DENGAN METODE REKRISTALISASI**

Oleh:

**NURUL GUSTIAWATI
NRP. 2313106017**

**APRILIANTI
NRP. 2313106019**

**Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA
NIP. 1950 04 28 1979 03 1002**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



FINAL PROJECT– TK141581

**IMPROVED QUALITY OF RAW SALT
BY RECRYSTALLIZATION METHOD**

**By:
NURUL GUSTIAWATI
NRP. 2313106017**

**APRILIANTI
NRP. 2313106019**

**Advisor :
Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA
NIP. 1950 04 28 1979 03 1002**

**DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2016**

“PENINGKATAN KUALITAS GARAM RAKYAT DENGAN METODE REKRISTALISASI”

Abstrak

Garam seperti yang kita kenal sehari-hari dapat didefinisikan sebagai suatu kumpulan senyawa kimia. Bagian utamanya adalah natrium klorida (NaCl) dan zat-zat pengotor terdiri dari CaSO_4 , MgSO_4 , MgCl_2 , dan lain-lain. Proses rekristalisasi dapat meningkatkan kualitas garam. Proses ini bukan hanya sekedar membersihkan garam dari kotoran lumpur, tetapi juga dapat menghilangkan zat-zat pengotor (impurities) dan mengurangnya. Penelitian ini digunakan untuk meningkatkan kualitas garam rakyat agar dapat sesuai dengan Standard Nasional Indonesia (SNI 06-0303-1989) dan mengetahui kondisi terbaik pada rekristalisasi garam dengan proses kimia. Pada penelitian ini, proses rekristalisasi dengan cara melarutkan kembali garam rakyat dalam aquadest sampai jenuh lalu di-treatment secara kimia dengan menambahkan reagen $\text{Ca}(\text{OH})_2$ untuk mengendapkan ion Mg^{2+} dan Na_2CO_3 untuk mengendapkan ion Ca^{2+} . Larutan selanjutnya disaring. Filtrat yang diperoleh kemudian dikristalkan kembali dengan cara memanaskan dengan oven. Kristal garam yang didapatkan kemudian dianalisa untuk mengetahui kadar NaCl, Ca, dan Mg. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah garam industri dengan konsentrasi NaCl (99,29 %), Ca (0,09%), dan Mg (0,04%).

Kata kunci: *garam, rekristalisasi, impurities*

“IMPROVED QUALITY OF RAW SALT BY RECRYSTALLIZATION METHOD”

Abstract

Salt as we known can be defined as chemical compound. The main part of sodium chloride (NaCl) and impurites substances are CaSO_4 , MgSO_4 , MgCl_2 , and others. Recrystallization process can be increase the quality of salt. The process not only clean the mud of salt, but also can be eliminate the impurities substances and reduce it. The purpose of this research is to increase the quality of raw salt in order to appropriate with Indonesian National Standart (SNI 06-0303-1989) and to determine the best conditions of the raw salt recrystallization characteristics by determine amount of raw salt against the addition of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and Na_2CO_3 . In this recrystallization process occurred by dissolving the salt in aquadest until saturated and then treated chemically by adding reagent $\text{Ca}(\text{OH})_2$ to eliminate ion Mg^{2+} and reagent Na_2CO_3 to eliminate ion Ca^{2+} . The solution is filtered. The filtrate was crystallized by heating in an oven. Salt crystals were obtained and analyzed to determine concentrations of NaCl, Ca, and Mg. The result of this research is industries salt with NaCl (99,29 %), Ca (0,09%), and Mg (0,04%).

Keywords: Salt, recrystallization, impurities

LEMBAR PENGESAHAN

“PENINGKATAN KUALITAS GARAM RAKYAT DENGAN METODE REKRISTALISASI”

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kimia
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

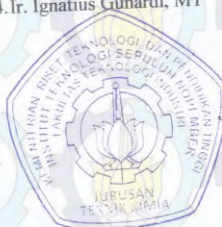
Nurul Gustiawati
Aprilianti

2313 106 017

2313 106 019

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA (Pembimbing)
2. Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA (Penguji I)
3. Dr. Siti Machmudah, ST, M.Eng (Penguji II)
4. Ir. Ignatius Gunardi, MT (Penguji III)



Surabaya
Januari 2016

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas kehadiran Tuhan YME karena berkat Rahmat dan karunia-Nya yang telah memberi segala kemudahan dan kekuatan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Skripsi ini yang berjudul **"Peningkatan Kualitas Garam Rakyat dengan Metode Rekristalisasi"** yang merupakan salah satu syarat kelulusan bagi mahasiswa Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.

Keberhasilan penulisan Laporan Skripsi ini tidak lepas dari dorongan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Juwari, ST. M.Eng. Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
2. Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA selaku Kepala Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan selaku dosen pembimbing Skripsi atas kesediaan dan kesabarannya untuk memberikan bimbingan, arahan, saran dan motivasi yang telah diberikan.
3. Bapak dan Ibu Dosen pengajar serta seluruh karyawan Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
4. Rekan-rekan seperjuangan dari teman-teman LJ yang sudah membantu dalam bertukar wawasan serta informasi.

Semoga segala kebaikan dan keikhlasan yang telah diberikan mendapat balasan dari Tuhan YME. Penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan dan untuk penelitian di masa yang akan datang.

Akhirnya semoga tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi penulis dan pembaca khususnya.

Surabaya, 20 Desember 2015

Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| Lembar Pengesahan | i |
| Abstrak | ii |
| Abstract | iii |
| Kata Pengantar | iv |
| Daftar Isi | vi |
| Daftar Tabel | vii |
| Daftar Gambar | vii |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| I.1 Latar Belakang | 1 |
| I.2 Rumusan Masalah | 3 |
| I.3 Batasan Masalah | 3 |
| I.4 Tujuan Penelitian | 3 |
| I.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| II.1 Pengertian Garam | 5 |
| II.2 Jenis Garam dan Pemanfaatannya | 10 |
| II.3 Prinsip Dasar Penguapan | 11 |
| II.4 Tinjauan Umum Rekristalisasi | 14 |
| II.5 Deskripsi Proses Rekristalisasi Garam Rakyat | 15 |
| II.6 Metode Rekristalisasi Garam Rakyat | 18 |
| II.7 Penelitian Terdahulu | 18 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | |
| III.1 Alat dan Bahan | 21 |
| III.1.1 Alat | 21 |
| III.1.2 Bahan | 21 |
| III.2 Variabel Penelitian | 21 |
| III.2.1 Variabel Tetap | 21 |
| III.2.2 Variabel Berubah | 22 |
| III.3 Parameter yang Dianalisis | 22 |
| III.4 Prosedur Penelitian | 22 |
| III.4.1 Pengujian Rate Penguapan Air Laut | 22 |
| III.4.2 Analisa Total Solid | 23 |
| III.4.3 Pembuatan Larutan Garam Jenuh | 23 |

| | |
|--|------|
| III.4.4 Prosedur Pengkristalan | 23 |
| III.4.5 Prosedur Analisa Kadar NaCl Garam Rakyat dengan Metode Argentometri | 24 |
| III.4.6 Prosedur Analisa Kadar Ca dan Mg Garam Rakyat dengan AAS | 24 |
| III.5 Skema Kerja | 26 |
| III.5.1 Pengujian Rate Penguapan Air Laut | 26 |
| III.5.2 Analisa Total Solid | 27 |
| III.5.3 Metode Rekristalisasi | 28 |
| BAB IV PEMBAHASAN | |
| IV.1 Perlakuan Awal | 29 |
| IV.2 Hasil dan Pembahasan | 30 |
| IV.2.1 Rate Penguapan Air Laut | 30 |
| IV.2.2 Korelasi °Be dan Total Solid | 35 |
| IV.2.3 Proses Rekristalisasi Garam Rakyat | 38 |
| IV.2.3.1 Analisa Kandungan Garam Rakyat | 38 |
| IV.2.3.2 Pengaruh Penambahan Reagen | 40 |
| BAB V PENUTUP | |
| V.1 Kesimpulan | 45 |
| V.2 Saran | 45 |
| Daftar Pustaka | viii |
| Daftar Notasi | x |
| Appendiks | xi |
| Lampiran | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar II.1 Garam Rakyat | 6 |
| Gambar II.2 Kurva Kelarutan NaCl terhadap Temperatur | 16 |
| Gambar IV.1 Grafik Rate Penguapan Air Laut | 33 |
| Gambar IV.2 Grafik Korelasi ^{90}Be dengan Total Solid | 36 |

DAFTAR NOTASI

| Simbol | Keterangan | Satuan |
|--------|-------------------------------------|--------|
| W | Massa <i>crush</i> / cawan porselin | gr |
| X | Persen susut garam | % |
| M | Massa garam | gr |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel IV.1 Penurunan Ketinggian Air Laut pada Ketiga Variabel Ketinggian | 31 |
| Tabel IV.2 Korelasi ^{90}Be dengan Total Solid | 36 |
| Tabel IV.3 Kandungan Awal Sampel Garam Rakyat | 38 |
| Tabel IV.4 Kandungan Garam Rakyat Hasil Rekristalisasi | 39 |
| Tabel IV.5 Massa Garam Hasil Rekristalisasi | 41 |

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan dengan panjang garis pantai 81.000 km merupakan kawasan pesisir dan lautan yang memiliki berbagai sumber daya hayati dan non-hayati yang sangat besar. Dengan lautan yang merupakan 70% dari luasan total negara, maka laut menyimpan banyak potensi untuk dimanfaatkan, antara lain adalah garam.

Posisi sebagai negara kepulauan dengan laut yang sangat luas menyebabkan setiap daerah berpotensi untuk memproduksi garam, tetapi sejak dahulu daerah yang terkenal dengan produksi garamnya adalah Jawa Timur, terutama Pulau Madura.

Lahan-lahan produksi garam yang terdapat di Pulau Madura secara keseluruhan adalah 6.799 ha atau 55,5% dari luas lahan garam di Jawa Timur dengan jumlah produksi sebesar 615.000 ton atau sekitar 57% dari produksi garam Jawa Timur. Sementara dari segi tenaga kerja, yang terserap di pekerjaan ini, petani garam Madura mencapai 12.567 orang atau 62% dari jumlah petani garam Jawa Timur ([http:cetak.kompas.com](http://cetak.kompas.com)).

Kebutuhan garam nasional setiap tahun cukup besar, pada tahun 2014 dibutuhkan sekitar sekitar 3,9 juta ton garam. Namun total produksi garam nasional pada tahun 2014 hanya mencapai 2,2 juta ton (Neraca Garam Nasional, KKP). Untuk menutupi kekurangan ini, pemerintah mempunyai opsi untuk mengimpor garam, tetapi hanya dilakukan diluar musin panen. Sehingga dapat dikatakan bahwa potensi ekonomi dari garam sangat besar ([http:cetak.kompas.com](http://cetak.kompas.com)).

Garam selain sebagai bahan konsumsi juga merupakan bahan baku pada berbagai proses industri, antara lain pembuatan natrium sulfat (Na_2SO_4), *soda ash* (Na_2CO_3), natrium bikarbonat (NaHCO_3), dan lain-lain.

Proses produksi garam di Indonesia kebanyakan dilakukan secara tradisional, dengan memanfaatkan air laut dan panas

matahari. Pembuatan garam ini dilakukan dengan meratakan petak tambak menggunakan alat bantu silinder baja yang ditarik tenaga manusia. Setelah itu petak tambak diisi air laut dan dengan bantuan sinar matahari air laut ini mengkristal dan menjadi butiran-butiran garam. Pemanenan garam dilakukan setelah 10 hari. Proses ini berlangsung rutin pada musim kemarau di daerah (pesisir) penghasil garam, sejak berakhirnya musim hujan pada bulan April hingga mulai turunnya hujan pada awal Desember.

Kualitas produk dari pembuatan garam secara tradisional ini tidak bisa dijaga dengan baik, hal ini disebabkan tingginya kadar pengotor yang terkandung dalam garam rakyat. Pengotor pada garam rakyat umumnya berupa ion-ion Ca^{2+} (0,35%), Mg^{2+} (0,3%), dan lain-lain yang merupakan komposisi alami dari air laut. Kadar NaCl dalam garam rakyat biasanya bervariasi sekitar 88%. Sedangkan kadar air pada garam rakyat sekitar 10%, padahal persyaratan pada industri berkisar pada batas maksimal 0.5% (Djoko Wilarso dan Wahyuningsih, 1995). Oleh karena itu, garam rakyat tidak dapat memenuhi standar kualitas garam untuk pembelian stok nasional sehingga harga jual garam rakyat cenderung rendah.

Garam yang dibuat dengan cara penguapan air laut, dari meja kristalisasi di ladang-ladang penggaraman merupakan garam kasar. Secara teoritis, garam yang berasal dari penguapan air laut mempunyai kadar NaCl 97% lebih, akan tetapi dalam praktek umumnya lebih rendah (Djoko Wilarso dan Wahyuningsih, 1995). Hal tersebut disebabkan kualitas air laut, cara pembuatan, dan hal lain yang mempengaruhi kristalisasi garam.

Untuk memperoleh kemurnian garam yang lebih tinggi seringkali dilakukan dengan mencuci produk yang terbentuk. Metode pencucian garam ini hanya mencuci garam dengan larutan garam yang bersih sehingga impuritas di permukaan garam rakyat dapat terpisah. Namun, untuk mendapatkan garam dengan kemurnian lebih tinggi dari garam rakyat tidak dapat diperoleh hanya dengan jalan pencucian garam saja. Hal ini karena impuritas garam rakyat ada di dalam kisi kristal garam

bukan hanya pada permukaan kristal saja, sehingga perlu dilakukan pemurnian garam rakyat dengan jalan rekristalisasi (Schimdt, et al, 2009).

Rekristalisasi diharapkan dapat meningkatkan kualitas garam rakyat. Pengurangan kandungan MgSO_4 , MgCl_2 , dan CaSO_4 dengan proses kimia diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan dapat memenuhi syarat sebagai bahan baku industri.

I.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang timbul dalam penelitian ini adalah produksi garam rakyat kualitasnya rendah sehingga bisa diperbaiki dengan mengkristalisasi kembali garam tersebut dengan proses kimia.

I.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Data-data kondisi operasi yang akan dilakukan.
2. Penambahan zat kimia dibatasi dengan penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan Na_2CO_3 .
3. Mekanisme operasi pengkristalan oleh larutan dengan pemanasan oven.

I.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menentukan pengaruh ketinggian air laut pada rate penguapan.
2. Menganalisa potensi persediaan garam rakyat nasional untuk memenuhi kebutuhan konsumsi dalam negeri.
3. Menentukan korelasi kualitas air laut dan kandungan total solid.
4. Menentukan kondisi terbaik pada rekristalisasi garam dengan proses kimia.

I.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memiliki manfaat:

1. Memberikan informasi mengenai potensi persediaan garam rakyat nasional untuk memenuhi kebutuhan konsumsi dalam negeri.
2. Memberikan informasi cara pemurnian garam rakyat dengan proses rekristalisasi.
3. Mampu memberikan kontribusi pengetahuan mengenai variabel terbaik yang berpengaruh untuk mendapatkan garam rakyat yang lebih berkualitas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pengertian Garam

Garam merupakan salah satu kebutuhan yang merupakan pelengkap dari kebutuhan pangan dan merupakan sumber elektrolit bagi tubuh manusia. Secara fisik, garam adalah benda padatan berwarna putih berbentuk kristal yang merupakan kumpulan senyawa dengan bagian terbesar NaCl ($> 80\%$) serta senyawa lainnya seperti CaSO_4 , MgSO_4 , MgCl_2 , dan lain-lain (Marihati dan Muryati, 2008). Garam mempunyai sifat/karakteristik higroskopis yang berarti mudah menyerap air dan titik lebur pada tingkat suhu 801°C (www.wikipedia.org).

Natrium klorida membentuk kristal pada keadaan kering, tetapi seperti garam lainnya dalam tubuh, mudah dilarutkan dalam air. Jika garam larut dalam air, komponennya terpisah sebagai partikel yang disebut ion. Partikel ion terlarut ini dikenal sebagai elektrolit. Kadar (konsentrasi) setiap elektrolit dalam larutan dari garam terlarut dapat diukur dan biasanya dihitung dalam satuan miliekuivalen dalam setiap volume larutan (mEq/L).

Berikut ini merupakan karakteristik natrium klorida (NaCl):

| | |
|--------------------------|--|
| Nama IUPAC | : Natrium klorida |
| Nama lain | : Garam dapur, halit |
| <i>Molecular formula</i> | : NaCl |
| Massa molar | : $58,443 \text{ g/mol}$ |
| Penampilan | : Tak berwarna/putih kristal padat |
| Kepadatan | : $2,165 \text{ g/cm}^3$ |
| Titik lebur | : 801°C , 1074 K , 1474°F |
| Kelarutan dalam air | : 356 g/L (0°C) 359 g/L (25°C) 391 g/L (100°C) |



Gambar II.1 Garam Rakyat

Natrium (Na) adalah salah satu unsur alkali utama dan merupakan kation yang penting di perairan. Hampir semua senyawa natrium mudah larut dalam air dan bersifat sangat rektif. Hampir semua perairan alami mengandung natrium, dengan kadar bervariasi antara 1 mg/liter hingga ribuan mg/liter. Kadar natrium pada perairan laut dapat mencapai 10.500 mg/liter atau lebih. Satu liter air laut mengandung sekitar 30 gr NaCl yang terdiri atas \pm 11 gram natrium. Kadar natrium pada perairan tawar alami kurang dari 50 mg/liter, sedangkan pada air tanah dalam dapat lebih dari 50 mg/liter. Pada *brine*, kadar natrium berkisar antara 25.000-100.000 mg/liter (Hefni, E., 2003).

Magnesium (Mg) adalah logam alkali tanah yang cukup berlimpah pada perairan alami. Bersama dengan kalsium, magnesium merupakan penyusun utama kesadahan. Garam-garam magnesium bersifat mudah larut dan cenderung bertahan sebagai larutan, meskipun garam-garam kalsium telah mengalami presipitasi. Magnesium karbonat dan magnesium hidroksida mengalami presipitasi pada $\text{pH} > 10$. Magnesium sulfat dan magnesium klorida bersifat sangat mudah larut. Kadar magnesium pada perairan alami bervariasi antara 1-100 mg/liter, pada perairan laut mencapai 1.000 mg/liter, sedangkan *brine* mencapai 57.000 mg/liter (Hefni, E., 2003).

Kadar kalsium pada perairan tawar biasanya kurang dari 15 mg/liter, pada perairan yang berada disekitar batuan karbonat antara 30-100 mg/liter, pada perairan laut sekitar 400 mg/liter, sedangkan pada *brine* dapat mencapai 75.000 mg/liter. *Brine* adalah air asin yang sangat pekat, dengan nilai padatan terlarut total lebih dari 36.000 mg/liter. *Brine* biasanya ditemukan jauh di bawah tanah dan terbawa ke permukaan bumi bersama dengan bahan-bahan galian pada kegiatan penambangan.

Sumber utama garam dapat diperoleh dari:

- Garam solar ialah garam yang diperoleh dengan cara penguapan dari air garam, baik dari laut maupun danau garam daratan.
- Tambang garam atau garam sumber ialah garam yang biasanya dinyatakan sebagai batu garam, diperoleh dari pertambangan yang beroperasi sedalam ± 1.000 kaki atau lebih di bawah permukaan bumi.
- Garam yang diperoleh dari penguapan dengan sinar matahari mengandung kotoran kimia dan mikrobial halofisilis yang toleran terhadap garam. Garam tambang atau garam sumber pada umumnya bebas dari kontaminasi organisme ini.

Secara umum garam rakyat dikelompokkan dalam tiga jenis, yaitu:

1. K-1 yaitu kualitas terbaik yang memenuhi syarat untuk bahan industri maupun untuk konsumsi dengan komposisi sebagai berikut:

| | |
|---------------------|-----------|
| ▪ NaCl | : 97,46 % |
| ▪ CaCl ₂ | : 0,723 % |
| ▪ CaSO ₄ | : 0,409 % |
| ▪ MgSO ₄ | : 0,04 % |
| ▪ H ₂ O | : 0,63 % |
| ▪ <i>Impurities</i> | : 0,65 % |

2. K-2 yaitu kualitas di bawah K-1, garam jenis ini harus dikurangi kadar berbagai zat agar memenuhi standar sebagai bahan baku industri. Kadar garam ini berkisar antara 90-94 %.

3. K-3 merupakan garam kualitas terendah sebagai produksi rakyat. Biasanya kadarnya antara 88-90 %, kadang-kadang bercampur tanah, sehingga warnanya agak kecoklatan.

Adapun faktor-faktor teknis yang mempengaruhi produksi garam rakyat adalah sebagai berikut:

a. Air laut

Mutu air laut (terutama dari segi kadar garamnya (termasuk kontaminasi dengan air sungai) sangat mempengaruhi waktu yang diperlukan untuk pemekatan (penguapan).

b. Keadaan cuaca

- Panjang kemarau berpengaruh langsung terhadap daya penguapan air laut.
- Curah hujan (intensitas) dan pola hujan distribusinya dalam setahun rata-rata merupakan indikator yang berkaitan erat dengan panjang kemarau yang kesemuanya mempengaruhi daya penguapan air laut.
- Kecepatan angin, kelembaban udara, dan suhu udara sangat mempengaruhi kecepatan penguapan air, dimana semakin besar penguapan maka semakin besar jumlah kristal garam yang mengendap.

c. Tanah

- Sifat porositas tanah mempengaruhi kecepatan perembesan (kebocoran) air laut ke dalam tanah di peminihan ataupun di meja.
- Bila kecepatan perembesan ini lebih besar daripada kecepatan penguapannya, apalagi bila terjadi hujan selama pembuatan garam, maka tidak akan dihasilkan garam.
- Jenis tanah mempengaruhi pula warna dan ketidakmurnian (*impurity*) yang terbawa oleh garam yang dihasilkan.

d. Pengaruh air

- Pengaturan aliran dan tebal air dari peminihan satu ke berikutnya dalam kaitannya dengan faktor-faktor arah kecepatan angin dan kelembaban udara merupakan gabungan penguapan air (koefisien perpindahan massa).

- Kadar/kepekatan air tua yang masuk ke meja kristalisasi akan mempengaruhi mutu hasil.
- Pada kristalisasi garam, konsentrasi air garam harus antara 25-29 °Be. Bila konsentrasi air tua belum mencapai 25 °Be maka gips (kalsium sulfat) akan banyak mengendap, bila konsentrasi air tua lebih dari 29 °Be Magnesium akan banyak mengendap.

e. Cara pungutan garam

Segi ini meliputi jadwal pungutan, umur kristalisasi garam dan jadwal pengerjaan tanah meja (pengerasan dan pengeringan). Demikian pula kemungkinan dibuatkan alas meja dari kristal garam yang dikeraskan, semakin keras alas meja semakin baik.

Pungutan garam ada 2 sistem:

- Sistem Portugis

Pungutan garam di atas lantai garam, yang terbuat dari kristal garam yang dibuat sebelumnya selama 30 hari, berikut tiap 10 hari dipungut.

- Sistem Maduris

Pungutan garam yang dilakukan di atas lantai tanah, selama antara 10-15 hari garam diambil di atas dasar tanah.

f. Air *bittern*

Air *bittern* merupakan air sisa kristalisasi yang sudah banyak mengandung garam-garam magnesium (pahit). Air ini sebaiknya dibuang untuk mengurangi kadar Mg dalam hasil garam, meskipun masih dapat menghasilkan kristal NaCl. Sebaiknya kristalisasi garam di meja terjadi antara 25-29 °Be, sisa *bittern* ≥ 29 °Be dibuang.

II.2 Jenis Garam dan Pemanfaatannya

Garam berdasarkan kadar dan fungsinya dibagi menjadi beberapa golongan, yaitu:

a. Garam industri

Garam industri yaitu jenis garam dengan kadar NaCl sebesar 97% atau lebih dengan kandungan *impurities* (sulfat, magnesium, dan kalsium serta *impurities* lainnya) yang sangat kecil. Kegunaan garam industri antara lain untuk industri peternakan, pembuatan soda dan chlor, penyamakan kulit, dan *pharmaceutical salt*.

b. Garam konsumsi

Garam konsumsi merupakan jenis garam dengan kadar NaCl sebesar 97% atas dasar bahan kering (*dry basis*), kandungan *impurities* (sulfat, magnesium, dan kalsium) sebesar 2% dan kotoran lainnya (lumpur, pasir) sebesar 1% serta kadar air maksimal sebesar 7%. Kelompok kebutuhan garam konsumsi antara lain untuk konsumsi rumah tangga, industri makanan, industri minyak goreng, industri pengasinan, dan pengawetan ikan.

c. Garam pengawetan

Jenis garam ini biasanya ditambahkan pada proses pengolahan pangan tertentu. Pada kondisi tertentu penambahan garam berfungsi mengawetkan karena kadar garam yang tinggi menghasilkan tekanan osmotik yang tinggi dan aktivitas air rendah. Kondisi ekstrim ini menyebabkan kebanyakan mikroorganisme tidak dapat hidup. Pengolahan dengan garam biasanya merupakan kombinasi dengan pengolahan yang lain seperti fermentasi dan enzimatis, contoh pengolahan pangan dengan garam adalah pengolahan acar (*pickle*), pembuatan kecap ikan, pembuatan daging kering, dan pembuatan keju.

d. Garam dapur

Garam dapur/laut dibuat melalui penguapan air laut, dengan proses sederhana, dan meninggalkan sejumlah mineral dan elemen lainnya (tergantung sumber air). Jumlah mineral yang tidak signifikan memberikan rasa dan warna pada garam laut,

sehingga tekstur garam laut di pasaran lebih bervariasi. Beberapa diantaranya lebih kasar, namun ada juga yang lebih halus. Garam jenis ini mengandung $\pm 0,0016\%$ yodium.

e. Garam meja

Berbeda dengan garam laut, garam meja ditambang dari cadangan garam dibawah tanah. Proses pembuatan garam meja lebih berat untuk menghilangkan mineral dan biasanya mengandung aditif untuk mencegah penggumpalan. Kebanyakan dari garam meja di pasaran telah ditambahkan yodium, nutrisi penting yang terjadi secara alami dalam jumlah kecil dalam garam laut.

II.3 Prinsip Dasar Penguapan

Proses penguapan pada prinsipnya menyangkut proses pindah panas dan pindah massa yang terjadi secara bersamaan (simultan). Proses perpindahan panas yang terjadi adalah dengan cara konveksi serta perpindahan panas secara konduksi dan radiasi tetap terjadi dalam jumlah yang relatif kecil. Proses perpindahan panas terjadi karena suhu bahan lebih rendah dari pada suhu udara disekelilingnya. Panas yang diberikan ini akan menaikkan suhu bahan yang menyebabkan tekanan uap air di dalam bahan lebih tinggi dari pada tekanan uap air di udara, sehingga terjadi perpindahan uap air dari bahan ke udara yang merupakan perpindahan massa. Setelah itu tekanan uap air pada permukaan bahan akan menurun. Setelah kenaikan suhu terjadi pada seluruh bagian bahan, maka terjadi pergerakan air secara difusi dari bahan ke permukaannya dan seterusnya proses penguapan pada permukaan bahan diulang lagi. Akhirnya setelah air bahan berkurang, tekanan uap air bahan akan menurun sampai terjadi keseimbangan dengan udara sekitarnya. Lama proses penguapan tergantung pada bahan yang diuapkan dan cara pemanasan yang digunakan (Djoko Wilarso dan Wahyuningsih, 1995).

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam kecepatan penguapan:

Proses penguapan suatu material padatan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: luas permukaan kontak, perbedaan temperatur media pemanas dengan bahan yang diuapkan, kecepatan aliran fluida panas serta tekanan udara. Berikut ini dijelaskan mengenai faktor-faktor tersebut:

a) Luas permukaan

Air menguap melalui permukaan bahan, sedangkan air yang ada di bagian tengah akan merembes ke bagian permukaan dan kemudian menguap. Untuk mempercepat pengeringan umumnya bahan akan dihaluskan terlebih dulu. Hal ini terjadi dipengaruhi oleh:

1. Penghalusan tersebut akan memperluas permukaan bahan dan permukaan yang luas dapat berhubungan dengan medium pemanasan sehingga air mudah keluar.
2. Partikel-partikel kecil atau lapisan yang tipis mengurangi jarak dimana panas harus bergerak sampai ke pusat bahan.

b) Perbedaan suhu dan udara sekitarnya

Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan yang diuapkan, semakin cepat pemindahan panas ke dalam bahan dan semakin cepat pula penghilangan air dari bahan. Air yang keluar dari bahan yang dikeringkan akan menjenuhkan udara sehingga kemampuannya untuk menyingkirkan air berkurang. Jadi dengan semakin tinggi suhu udara penguapan maka semakin besar energi panas yang dibawa udara sehingga semakin banyak jumlah massa cairan yang diuapkan dari permukaan bahan yang diuapkan. Akan tetapi bila tidak sesuai dengan bahan yang dikeringkan, akibatnya akan terjadi suatu peristiwa yang disebut "*case hardening*", yaitu suatu keadaan dimana bagian luar bahan sudah kering sedangkan bagian dalamnya masih basah.

c) Kecepatan aliran udara

Udara yang bergerak dan mempunyai gerakan yang tinggi selain dapat mengambil uap air juga akan menghilangkan uap air tersebut dari permukaan bahan, sehingga akan mencegah terjadinya atmosfer jenuh yang akan memperlambat penghilangan air. Apabila aliran udara disekitar tempat penguapan berjalan dengan baik, proses penguapan akan semakin cepat, yaitu semakin mudah dan semakin cepat uap air terbawa dan teruapkan dari bahan ke atmosfer.

d) Tekanan udara

Semakin kecil tekanan udara akan semakin besar kemampuan udara untuk mengangkut air selama penguapan, karena dengan semakin kecilnya tekanan berarti kerapatan udara semakin berkurang sehingga uap air dapat lebih banyak tetampung dan disingkirkan dari bahan. Sebaliknya, jika tekanan udara semakin besar maka udara disekitar penguapan akan lembab, sehingga kemampuan menampung uap air terbatas dan menghambat proses atau laju pengeringan (Djoko Wilarso dan Wahyuningsih, 1995). Udara merupakan medium yang sangat penting dalam proses penguapan, untuk menghantar panas kepada bahan yang hendak dikeringkan, karena udara merupakan satu-satunya medium yang sangat mudah diperoleh dan tidak memerlukan biaya operasional.

e) Kelembaban udara

Kelembaban udara berpengaruh terhadap proses pemindahan uap air. Apabila kelembaban udara tinggi, maka perbedaan tekanan uap air di dalam dan di luar bahan menjadi kecil sehingga menghambat pemindahan uap air dari dalam bahan ke luar. Apabila suhu udara naik, maka kelembaban udara akan naik, begitu juga sebaliknya. Oleh sebab itu, pada kelembaban udara yang tinggi laju penguapan bahan akan lebih lambat dibandingkan dengan penguapan pada kelembaban yang rendah.

II.4 Tinjauan Umum Rekrystalisasi

Rekrystalisasi dari larutan dikategorikan sebagai salah satu proses pemisahan yang efisien. Tujuan dari proses rekrystalisasi adalah menghasilkan produk kristal dengan kualitas seperti yang diharapkan. Kualitas kristal yang dihasilkan dapat ditentukan dari parameter-parameter produk, yaitu distribusi ukuran kristal, kemurnian kristal, dan bentuk kristal (Puguh, dkk., 2003).

Secara umum, rekrystalisasi adalah pemurnian suatu zat padat dari campuran atau pengotornya yang dilakukan dengan cara mengkristalkan kembali zat tersebut setelah dilarutkan dalam pelarut (*solvent*) yang sesuai. Syarat agar pelarut dapat digunakan dalam proses kristalisasi yaitu memberikan perbedaan daya larut yang cukup besar antara zat yang dimurnikan dengan zat pengotor, tidak meninggalkan zat pengotor pada kristal, dan mudah dipisahkan dari kristalnya.

Proses pembentukan kristal dapat dilakukan dalam tiga tahap, yaitu (1) pencapaian kondisi super/lewat jenuh (*supersaturation*), (2) pembentukan inti kristal (*nucleation*), dan (3) pertumbuhan inti kristal menjadi kristal (*crystal growth*). Kondisi lewat jenuh (*supersaturation*) adalah kondisi dimana konsentrasi larutan berada diatas harga kelarutannya. Kondisi lewat jenuh ini dapat dicapai dengan cara pendinginan, penguapan, penambahan presipitan, atau sebagai akibat reaksi kimia antara dua fase yang homogen. Sedangkan pembentukan inti kristal terjadi setelah kondisi super/lewat jenuh (*supersaturation*) tercapai (Paryanto, 2000).

Peristiwa rekrystalisasi berhubungan dengan reaksi pengendapan. Endapan merupakan zat yang memisah dari fase padat dan keluar ke dalam larutannya. Endapan terbentuk jika larutan bersifat terlalu jenuh dengan zat yang bersangkutan. Kelarutan suatu endapan merupakan konsentrasi molar dari larutan jenuhnya. Kelarutan bergantung dari suhu, tekanan, konsentrasi bahan lain yang terkandung dalam larutan, dan komposisi pelarutnya (Svehla G. dalam Lesdantina, 2009). Pemurnian padatan dengan rekrystalisasi didasarkan pada

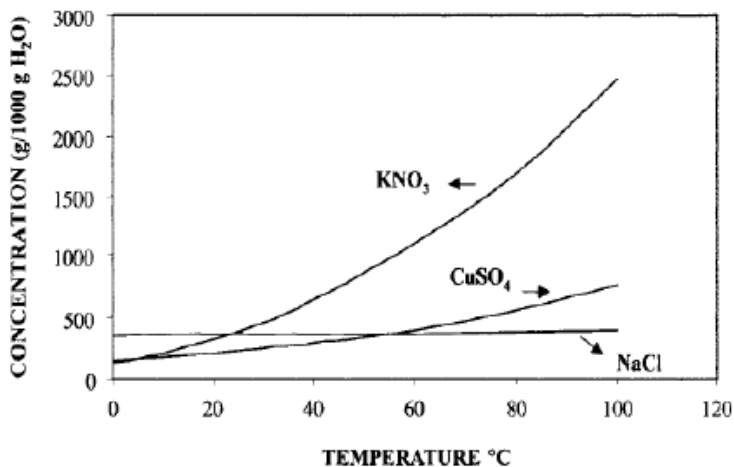
perbedaan dalam kelarutannya dalam pelarut tertentu atau campuran pelarut (Anwar, 1994).

Kemudahan suatu endapan dapat disaring dan dicuci tergantung sebagian besar pada struktur morfologi endapan, yaitu bentuk dan ukuran-ukuran kristalnya. Semakin besar kristal-kristal yang terbentuk selama berlangsungnya pengendapan, semakin mudah disaring dan kemungkinan semakin cepat kristal-kristal itu akan turun keluar dari larutan yang akan membantu penyaringan. Bentuk kristal juga penting. Struktur yang sederhana seperti kubus, oktahedron, atau jarum-jarum sangat menguntungkan, karena mudah dicuci setelah disaring. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan dan pemisahan endapan dari hasil reaksi kimia tersebut adalah suhu, *chemical excess*, rasio Ca/Mg, pengadukan, dan pengendapan. Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa besaran parameter-parameter tersebut bervariasi. Suhu reaksi umumnya 60 °C keatas, NaOH dan Na₂CO₃ *excess* masing-masing 0,006 sampai 0,5 g/l dan 0,15 sampai 1,5 g/l, dan rasio Ca/Mg antara 1 sampai 2 bahkan ada yang dibawah 1 dan diatas 16 (Bahrudin, *et al*, 2003).

II.5 Deskripsi Proses Rekrystalisasi Garam Rakyat

Dalam bidang teknik kimia seringkali bahan padat harus dipisahkan dari larutan atau lelehan, tanpa mengikat kotoran-kotoran yang terkandung dalam fasa cair tersebut. Seringkali juga bahan padat kristalin yang mengandung pengotor harus dibersihkan atau dihasilkan dalam bentuk-bentuk kristal tertentu, untuk maksud tersebut proses kristalisasi dapat digunakan. Kristal adalah bahan padat dengan susunan atom atau molekul yang teratur. Yang dimaksud rekrystalisasi adalah pemisahan bahan padat berbentuk kristal dari suatu larutan atau lelehan. Hasil rekrystalisasi dari lelehan sering harus didinginkan lagi atau dikecilkan ukurannya (Bernaseoni, 1995). Teknik ini banyak digunakan pada industri lithium dimana lithium hidroksida direkrystalisasi untuk mengurangi konsentrasi ion Ca²⁺ dari 125 ppm menjadi 20-25 ppm (Frianezza, 1988).

Dalam kasus pemurnian garam NaCl dengan teknik rekristalisasi, pelarut (*solvent*) yang digunakan adalah air. Prinsip dasar dari rekristalisasi adalah perbedaan kelarutan antara zat yang akan dimurnikan dengan kelarutan zat pencemarnya. Larutan yang terbentuk dipisahkan satu sama lain, kemudian larutan zat yang diinginkan dikristalkan dengan cara menjenuhkannya (mencapai kondisi supersaturasi atau larutan lewat jenuh). Secara teoritis ada empat metode untuk menciptakan supersaturasi dengan mengubah temperatur, menguapkan *solvent*, reaksi kimia, dan mengubah komposisi *solvent* (Schmidt, *et al*, 2009).



Gambar II.2 Kurva Kelarutan NaCl terhadap Temperatur
(Sumber: Mullin: 1972)

Dalam hal ini, untuk kasus garam NaCl adalah tidak ekonomis bila digunakan cara perubahan temperatur karena kelarutan NaCl tidak dipengaruhi oleh temperatur, hal ini terlihat dari grafik kelarutan NaCl hampir konstan antara suhu 0-100 °C. Sehingga untuk kasus NaCl digunakan metode penguapan *solvent*.

Untuk memperoleh kemurnian garam yang lebih tinggi seringkali dilakukan dengan mencuci produk yang terbentuk. Metode pencucian garam ini hanya mencuci garam dengan larutan garam yang bersih sehingga impuritas di permukaan garam rakyat dapat terpisah. Namun, untuk mendapatkan garam dengan kemurnian lebih tinggi dari garam rakyat tidak dapat diperoleh hanya dengan jalan pencucian garam saja. Hal ini karena impuritas garam rakyat ada di dalam kisi kristal garam bukan hanya pada permukaan kristal saja, sehingga perlu dilakukan pemurnian garam rakyat dengan jalan rekristalisasi (Schimdt, *et al*, 2009).

Proses ‘‘ $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{NaOH}$ ’’ merupakan salah satu proses yang paling banyak digunakan untuk memurnikan larutan garam yang mengandung *impurities* Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Pada proses ini, larutan garam dicampur dengan logam alkali karbonat seperti Na_2CO_3 untuk membentuk endapan CaCO_3 . Endapan CaCO_3 dipisahkan dari larutan. Kemudian ke dalam larutan tersebut ditambahkan NaOH untuk membentuk $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Endapan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dipisahkan dari larutannya dengan proses filtrasi. Untuk mengambil endapan sisa yang masih terlarut dalam filtrat, filtrat tersebut dilewatkan ke dalam *crystallizer*. Proses ini selain digunakan untuk memurnikan larutan garam dari *impurities*-nya juga bisa digunakan untuk memperoleh garam sodium klorida murni (Lesdantina, 2009).

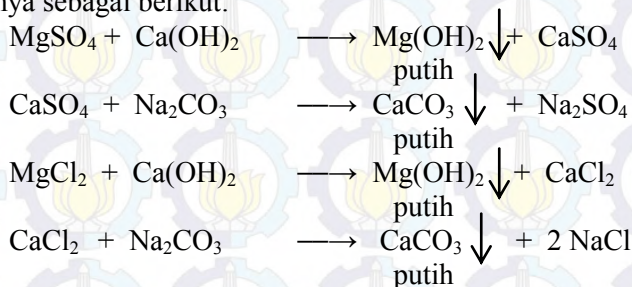
Berikut ini merupakan Standar Nasional Indonesia (SNI 06-0303-1989) untuk garam industri:

| Parameter | SNI (%) |
|-------------------------|---------|
| NaCl (db), min | 98.5 |
| H_2O | 3 |
| Ca (db), max | 0.10 |
| Mg (db), max | 0.06 |
| SO_4 (db), max | 0.20 |

II.6 Metode Rekrystalisasi Garam Rakyat

Impurities pada garam meliputi senyawa yang bersifat higroskopis yaitu, MgCl_2 , CaCl_2 , MgSO_4 , CaSO_4 , dan beberapa zat yang bersifat reduktor, yaitu Fe, Cu, Zn dan senyawa-senyawa organik (Saksono, 2000). Pada penelitian ini, proses rekrystalisasi dengan cara melarutkan kembali garam dalam akuades sampai jenuh untuk dilakukan *treatment* secara kimia, yaitu mereaksikannya dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan Na_2CO_3 sehingga terbentuk endapan CaCO_3 dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Larutan kemudian disaring sedangkan filtratnya diuapkan sehingga didapatkan kristal NaCl.

Reaksinya sebagai berikut:



II.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang digunakan sebagai bahan acuan dan mendukung penelitian ini adalah:

- ✚ Pengaruh Proses Pencucian Garam terhadap Komposisi dan Stabilitas Yodium Garam Konsumsi, oleh Nelson Saksono (2002).

Proses pencucian garam yang baik pada dasarnya mampu meningkatkan kualitas garam, bukan hanya sekedar membersihkan garam dari kotoran lumpur atau tanah, tetapi juga mampu menghilangkan zat-zat pengotor seperti senyawa-senyawa Mg, Ca, dan kandungan zat pereduksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proses pencucian terhadap kandungan zat pengotor higroskopis berupa Ca dan Mg serta kandungan zat pereduksi pada garam. Dari hasil percobaan menunjukkan komposisi Mg dan zat pereduksi yang

terendah masing-masing 0,016% wt dan 2,65 ppm dicapai pada proses pencucian dengan garam halus dengan menggunakan *brine* 27% wt. Hasil analisis kandungan air menunjukkan kenaikan kandungan Ca dan Mg menyebabkan kenaikan kemampuan penyerapan air pada garam.

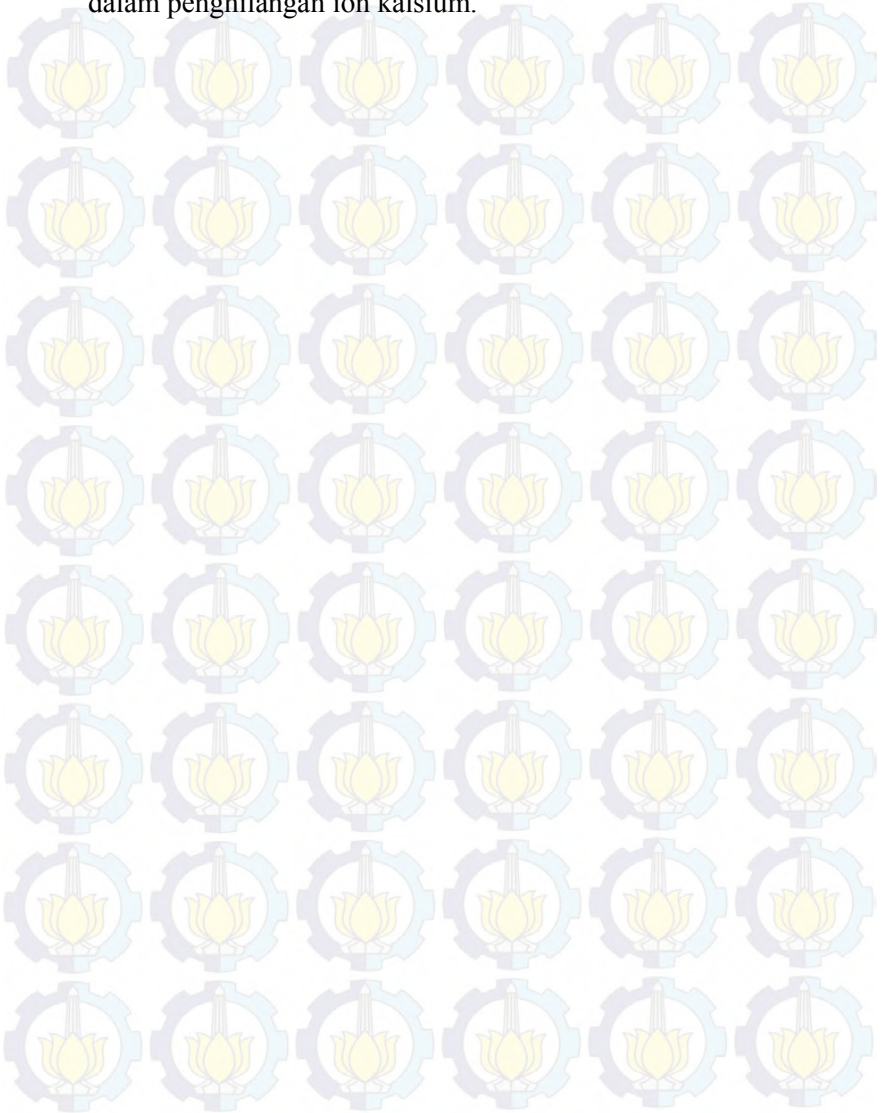
- ✚ Penentuan Rasio Ca/Mg Optimum pada Proses Pemurnian Garam Dapur, oleh Bahruddin, dkk (2003).

Pemurnian garam dapur yang berasal dari *brine* dengan mengendapkan kandungan Ca dan Mg menggunakan penambahan Na_2CO_3 dan NaOH . Tujuan penelitian adalah untuk menentukan rasio Ca/Mg optimum baik dengan atau tanpa flokulan terhadap pemurnian larutan garam yang digunakan sebagai bahan baku industri klor alkali. Hasil penelitian menunjukkan pemurnian larutan garam sangat dipengaruhi oleh rasio Ca/Mg, bila rasionya terlalu kecil ataupun terlalu besar mengakibatkan pengendapan *impurities* tidak dapat berlangsung dengan baik. Rasio Ca/Mg paling baik diperoleh sebesar 2. Dari penelitian juga ditemukan bahwa penambahan flokulan cukup mempengaruhi penurunan kadar Ca^{2+} , dan relatif sedikit mempengaruhi penurunan kadar Mg^{2+} dan TSS.

- ✚ Pemurnian NaCl dengan Menggunakan Natrium Karbonat, oleh Dina Lesdantina dan Istikomah (2009).

Proses pemurnian larutan garam dari impuritasnya terutama ion kalsium perlu dilakukan sebelum diumpankan ke *electrolyzer*. Proses pemurnian ini dilakukan dengan proses pengendapan impuritas yang terkandung dalam larutan garam. Sedangkan analisisnya dilakukan dengan metode titrasi. Tujuan penelitian ini adalah penggunaan natrium karbonat sebagai cara alternatif penghilangan ion kalsium, mengkaji pengaruh penambahan natrium karbonat dan flokulan (PAC). Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa proses penghilangan ion kalsium yang memberikan hasil yang paling baik agar sesuai dengan baku mutu yang diizinkan dilakukan dengan penambahan natrium karbonat 3 ml. Penambahan PAC 10

maupun 40 ppm tidak memberikan pengaruh yang berarti dalam penghilangan ion kalsium.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Alat dan Bahan

III.1.1 Alat:

- *Beaker glass*
- Neraca analitik
- Gelas ukur
- Baume meter
- Bak plastik
- *Crush*/cawan porselin
- *Stirrer*
- *Magnetic stirrer*
- Kertas saring
- Oven
- Pipet tetes
- Erlenmeyer
- Spatula

III.1.2 Bahan:

- Air laut
- Garam rakyat
- *Aquadest*
- Ca(OH)_2
- Na_2CO_3

III.2 Variabel Penelitian

III.2.1 Variabel Tetap:

- Ukuran dan warna bak penguapan air laut.
- Jenis garam dan massa garam (180 gram).
- Suhu penguapan pada oven 100 °C.
- Tekanan 1 atm.

III.2.2 Variabel Berubah:

- Air laut yang digunakan.
- Ketinggian air laut dalam bak penguapan: 5; 7,5; dan 10 cm.
- Massa reagen Ca(OH)_2 dan Na_2CO_3 secara teoritis dan excess sebesar 5%, 10%, dan 15%.

| | Penambahan reagen (gr) | |
|----------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| | Na_2CO_3 (gr) | Ca(OH)_2 (gr) |
| Variabel I (teoritis) | 8,510 | 3,505 |
| Variabel II (excess 5%) | 8,935 | 3,681 |
| Variabel III (excess 10%) | 9,360 | 3,856 |
| Variabel IV (excess 15%) | 9,786 | 4,031 |

III.3 Parameter yang Dianalisis

- 1) Mengukur rate penguapan air laut.
- 2) Mengukur °Be air laut dan kandungan total solid yang akan digunakan.
- 3) Menganalisa konsentrasi kandungan NaCl, Ca, dan Mg pada garam sebelum dan setelah proses rekristalisasi. Konsentrasi NaCl dianalisa menggunakan titrasi argentometri. Konsentrasi Ca dan Mg dianalisa dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).

III.4 Prosedur Penelitian

III.4.1 Pengujian Rate Penguapan Air Laut:

- 1) Menyiapkan air laut kemudian mengukur °Be-nya.
- 2) Memasukkan air laut ke dalam bak dengan berbagai variasi ketinggian (5; 7,5; dan 10 cm dari dasar bak).
- 3) Menguapkan air laut dengan sinar matahari sampai dihasilkan kristal garam.
- 4) Mengukur rate penguapan air laut sampai terbentuk garam.
- 5) Melakukan perlakuan yang sama untuk ketinggian air laut yang berbeda.

III.4.2 Analisa Total Solid:

- 1) Menimbang cawan kosong
- 2) Mengambil 10 ml sampel air laut dan dimasukkan dalam cawan kosong yang sebelumnya sudah diketahui beratnya.
- 3) Menguapkan sampel dalam oven pada suhu 100°C sampai dihasilkan kristal padatan.
- 4) Mendinginkan kristal garam dalam desikator.
- 5) Menimbang berat kristal garam dalam cawan porselin.
- 6) Mengulangi prosedur yang sama untuk jenis air yang berbeda.

Menghitung jumlah total solid:

$$\text{Jumlah endapan} = W_2 - W_1$$

Dimana: W_1 = massa *crush* kosong

W_2 = massa *crush* + sampel setelah dioven.

III.4.3 Pembuatan Larutan Garam Jenuh:

- 1) Menyiapkan *aquadest* dalam *beaker glass*.
- 2) Mengeringkan garam dalam oven untuk menghilangkan kadar air garam rakyat.
- 3) Menimbang garam rakyat sebanyak 180 gram.
- 4) Melarutkan garam rakyat dengan *aquadest* 500 ml sampai terbentuk larutan jenuh.

III.4.4 Prosedur Pengkristalan:

- 1) Menyiapkan larutan garam jenuh yang akan dikristalkan.
- 2) Menambahkan reagen $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan Na_2CO_3 kemudian diaduk sampai homogen.
- 3) Menyaring larutan yang sudah di-*treatment* secara kimia.
- 4) Menguapkan filtrat dengan oven sampai terbentuk kristal.
- 5) Menganalisa konsentrasi NaCl , Ca , dan Mg .
- 6) Menghitung jumlah padatan garam dan penyusutan garam.

$$\text{➤ } X = \frac{M_2}{M_1} \times 100\%$$

$$\text{Penyusutan garam} = 1 - X$$

Dimana: M_1 = massa sampel sebelum kristalisasi

M_2 = massa sampel setelah kristalisasi

III.4.5 Prosedur Analisa Kadar NaCl Garam Rakyat dengan Metode Argentometri:

- 1) Menimbang garam rakyat sebanyak 0,025 gram.
- 2) Melarutkan 0,025 gram garam rakyat dengan *aquadest* sampai volume 10 ml.
- 3) Mengambil 10 ml larutan garam kemudian dicek nilai pH dari larutan (jika asam ditambahkan NaHCO_3 0,1 M dan jika basa ditambahkan HNO_3 0,1 M) sampai pH larutan netral.
- 4) Menambahkan indikator K_2CrO_4 5% sebanyak 1 ml.
- 5) Mentitrasi dengan larutan AgNO_3 0,1 N yang sudah distandarisasi sampai larutan berwarna merah coklat.

Menghitung kadar NaCl dengan rumus:

$$\text{Kadar NaCl} = \frac{(V.N)Mr \text{ NaCl}}{Wg} \times 100\%$$

(Day dan Underwood, 1986)

Keterangan: V = Volume rata-rata AgNO_3 yang diperoleh dari hasil titrasi.

N = Normalitas AgNO_3

Mr NaCl = 58,46

Wg = Massa garam

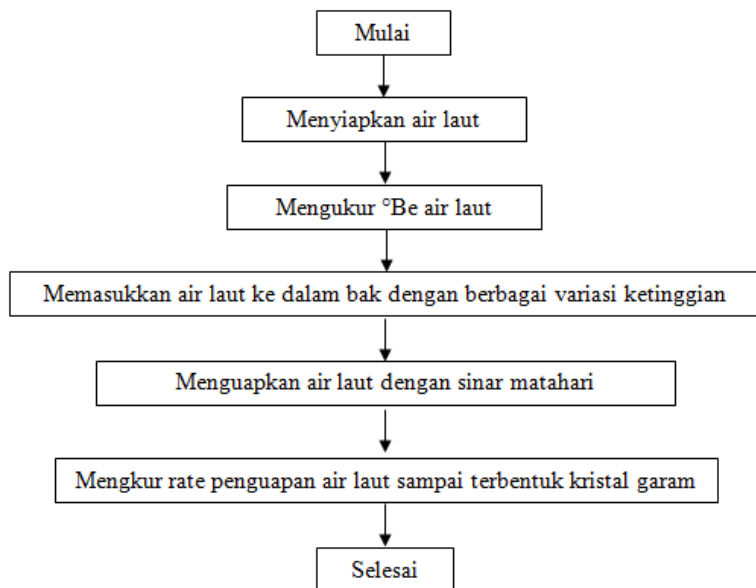
III.4.6 Prosedur Analisa Kadar Ca dan Mg Garam Rakyat dengan AAS:

- 1) Pembuatan larutan standar Ca dan Mg
 - a) Pembuatan larutan standar Ca dan Mg 100 ppm
5 ml larutan induk Ca dan Mg 1000 mg/l dipipet dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml, diencerkan dengan *aquadest* yang telah diasamkan hingga garis tanda kemudian dikocok.

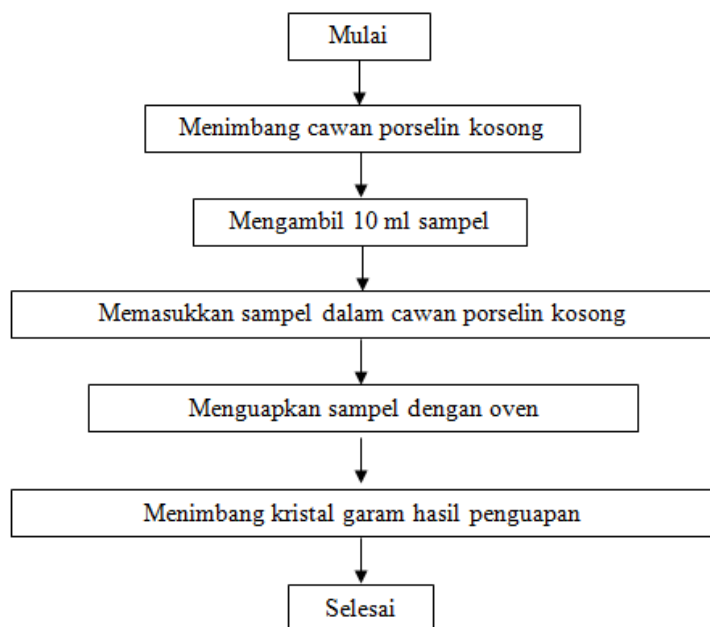
- b) Pembuatan larutan standar Ca dan Mg 10 mg/l
5 ml larutan standar Ca dan Mg 100 mg/l dipipet dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml, diencerkan dengan *aquadest* yang telah diasamkan hingga garis tanda kemudian dikocok.
- c) Pembuatan larutan seri standar Ca dan Mg 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 dan 1 mg/l.
Masing-masing 1 ml, 2 ml, 3 ml, 4 ml, dan 5 ml larutan standar Ca dan Mg 10 mg/l dipipet dan dimasukkan masing-masing ke dalam labu ukur 50 ml, diencerkan dengan *aquadest* yang telah diasamkan hingga garis tanda kemudian dikocok.
- 2) Pembuatan kurva standar
- 3) Preparasi sampel
- a) Mem-pipet 100 ml sampel ke dalam gelas piala 250 ml.
- b) Menambahkan 5 ml HNO_3 pekat ke dalam gelas piala yang berisi cuplikan sampel.
- c) Mendestruksi cuplikan pada penangas air hingga volumenya menjadi ± 5 ml.
- d) Mengencerkan cuplikan ke dalam labu ukur 50 ml dengan *aquadest* panas.
- e) Membiarkan hingga suhu kamar lalu ditambahkan *aquadest* hingga garis batas.
- f) Menyaring larutan dengan kertas Whatman 42 ke dalam tabung reaksi.
- g) Mengasamkan larutan dengan HNO_3 hingga pH 12.
- h) Membuat blanko berupa 100 ml *aquadest* yang diasamkan dengan HNO_3 hingga pH 2.
- 4) Pengukuran absorbansi sampel
Hasil preparasi sampel diukur dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).

III.5 Skema Kerja

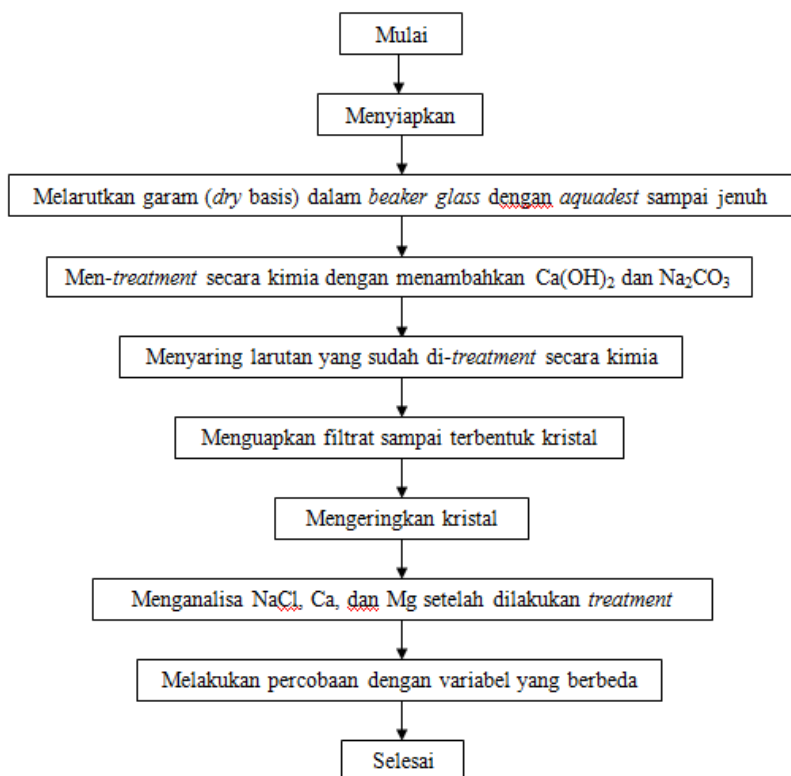
III.5.1 Pengujian Rate Penguapan Air Laut:



III.5.2 Analisa Total Solid:



III.5.3 Metode Rekrystalisasi



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Perlakuan Awal

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi terbaik pada rekristalisasi garam rakyat dengan proses kimia menggunakan penambahan reagen berupa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan Na_2CO_3 serta untuk meningkatkan kualitas garam rakyat menjadi garam industri berdasarkan SNI 06-0303-1989.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan dan pemisahan endapan dari hasil reaksi kimia tersebut adalah suhu, *chemical excess*, dan rasio Ca/Mg (Bahrudin *et al*, 2003).

Dalam penelitian ini dilakukan proses pelarutan garam rakyat K-3 yang berbentuk padatan menjadi larutan sampai kondisi jenuh. Garam rakyat yang dilarutkan dalam *aquadest* tersebut terurai menjadi ion-ionnya yaitu, ion natrium (Na^+) dan ion klorida (Cl^-). Garam rakyat yang digunakan dalam penelitian ini merupakan garam rakyat yang belum murni. Oleh karena itulah, dilakukan pemurnian terhadap garam rakyat tersebut sehingga bebas dari zat-zat pengotor. Garam rakyat yang telah dilarutkan dalam *aquadest* tersebut diaduk sampai garam rakyat larut dengan sempurna. Kemudian dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring. Filtrat hasil penyaringan akan digunakan untuk proses rekristalisasi pada tahap berikutnya. Filtrat yang diperoleh kemudian ditambahkan dengan reagen berupa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan Na_2CO_3 secara bersamaan karena hasil terbaik akan didapatkan jika $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan Na_2CO_3 ditambahkan secara serentak sehingga akan menghasilkan reaksi yang bersamaan. Pengendapan bersama CaCO_3 dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ akan berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan endapan hidroksida yang mengendap sendiri (Bahrudin *et al*, 2003).

Fungsi dari penambahan reagen $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ini adalah untuk mengendapkan zat-zat pengotor seperti zat pengotor yang didalamnya mengandung ion Mg^{2+} yang terdapat dalam garam rakyat tersebut. Cara kerja kalsium hidroksida ini pada prinsipnya

sama dengan tawas yakni sebagai koagulan. Pada akhirnya nanti diharapkan larutan yang diperoleh lebih murni dari garam rakyat yang semulanya belum dimurnikan. Selanjutnya ke dalam filtrat tadi juga ditambahkan Na_2CO_3 . Penambahan Na_2CO_3 ini bertujuan untuk menghilangkan *impurities* Ca^{2+} sebagai endapan CaCO_3 . *Impurities* pada garam meliputi senyawa yang bersifat higroskopis yaitu MgCl_2 , CaCl_2 , MgSO_4 dan CaSO_4 , dan beberapa zat yang bersifat reduktor yaitu Fe, Cu, Zn dan senyawa-senyawa organik. *Impurities-impurities* tersebut dapat bereaksi dengan ion hidroksil (OH^-) sehingga membentuk endapan putih $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (Bahrudin *et al*, 2003).

Tahap berikutnya adalah melakukan penyaringan untuk memisahkan endapan yang merupakan zat pengotor yang terdapat dalam larutan tersebut. Kemudian dilakukan penguapan larutan hingga terbentuk kristal garam kembali (rekristalisasi). Bentuk kristal garam hasil proses rekristalisasi memiliki struktur lebih halus dan berwarna putih bersih. Kristal yang diperoleh ini kemudian ditimbang. Proses rekristalisasi ini dilakukan berulang sampai mendapatkan natrium klorida yang memenuhi persyaratan sebagai bahan baku industri.

IV.2 Hasil dan Pembahasan

IV.2.1 Rate Penguapan Air Laut

Dalam penelitian ini, bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai macam ketinggian air laut pada rate penguapannya. Proses yang dilakukan yaitu penguapan air laut dengan ketinggian yang berbeda-beda dalam bak plastik dengan bantuan sinar matahari. Mekanisme penguapan yang dilakukan adalah menjemur air laut sama seperti waktu penguapan air laut pada lahan penggaraman, yaitu selama 24 jam/hari dan diharapkan selama waktu tersebut penguapan optimal untuk pengeringan air laut. Pada masing-masing variabel ketinggian tersebut diamati rate penurunan ketinggian air laut sampai air laut menguap semua dan terbentuk kristal garam pada ketiga bak tersebut. Hasil yang telah dicapai didapatkan dalam Tabel IV.1. dibawah ini:

Tabel IV.1 Penurunan Ketinggian Air Laut pada Ketiga Variabel Ketinggian

| Hari ke- | Ketinggian air laut | | |
|----------|---------------------|--------|-------|
| | 5 cm | 7,5 cm | 10 cm |
| 1 | 5 | 7,5 | 10 |
| 2 | 4,6 | 7,1 | 9,4 |
| 3 | 4 | 6,4 | 9 |
| 4 | 3,5 | 5,7 | 8,1 |
| 5 | 3 | 5,4 | 7,5 |
| 6 | 2,4 | 4,9 | 7 |
| 7 | 1,9 | 4,4 | 6,4 |
| 8 | 1,5 | 4 | 6 |
| 9 | 1,2 | 3,5 | 5,5 |
| 10 | 0,8 | 3 | 5,1 |
| 11 | 0,4 | 2,5 | 4,7 |
| 12 | 0,2 | 2 | 4,1 |
| 13 | 0 | 1,4 | 3,5 |
| 14 | | 0,8 | 2,8 |
| 15 | | 0,4 | 2,3 |
| 16 | | 0,2 | 1,8 |
| 17 | | 0 | 1,5 |
| 18 | | | 1 |
| 19 | | | 0,6 |
| 20 | | | 0,2 |
| 21 | | | 0 |

Laju penguapan air laut ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya luas permukaan kontak, temperatur udara, kecepatan aliran udara, dan kelembaban udara (Djoko Wilarso dan Wahyuningsih, 1995). Berikut ini dijelaskan tentang faktor-faktor tersebut:

a) Luas permukaan

Untuk mempercepat rate penguapan air laut ini digunakan bak penguapan yang lebar dan luas sehingga air laut mudah diuapkan dan panas dari sinar matahari bisa bergerak sampai ke dasar bak penguapan.

b) Perbedaan suhu dan udara sekitarnya

Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas/panas sinar matahari dengan air laut, maka semakin cepat perpindahan panas ke dalam air laut dan semakin cepat juga proses penguapan air laut tersebut. Temperatur udara rata-rata sekitar 30-35 °C.

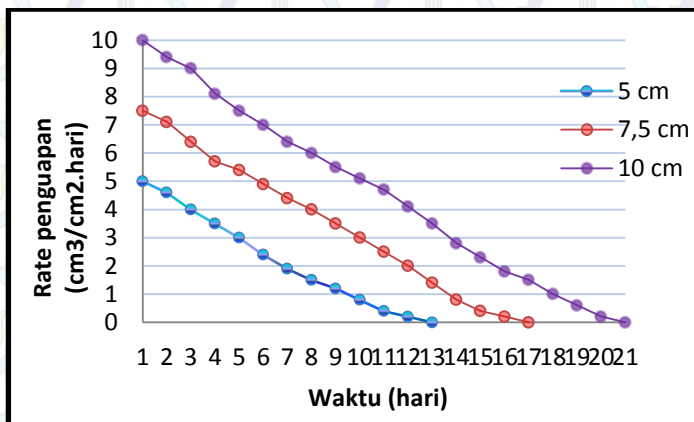
c) Kecepatan aliran udara

Kecepatan aliran udara yang tinggi selain dapat mengambil uap air juga akan menghilangkan uap air tersebut dari permukaan bahan, sehingga akan mencegah terjadinya atmosfer jenuh yang akan memperlambat penghilangan uap air. Apabila aliran udara disekitar tempat pengeringan berjalan dengan baik, proses pengeringan akan semakin cepat, yaitu semakin mudah dan semakin cepat uap air terbawa dan teruapkan.

d) Kelembaban udara

Kelembaban udara sekitar 65-70%. Apabila suhu udara naik, maka kelembaban udara akan turun, begitu juga sebaliknya. Pada kelembaban udara yang tinggi laju penguapan bahan akan lebih lambat dibandingkan dengan penguapan pada kelembaban udara yang rendah.

Berikut ini merupakan grafik yang menunjukkan rate penguapan air laut setelah penjemuran dengan sinar matahari pada ketiga variabel ketinggian.



Gambar IV.1 Grafik Rate Penguapan Air Laut

Gambar IV.1 menunjukkan bahwa semakin besar ketinggian air laut dalam bak plastik maka waktu yang dibutuhkan untuk penguapan sampai terbentuk kristal garam juga akan semakin lama. Dari gambar IV.1 juga dapat disimpulkan bahwa rata-rata penurunan ketinggian air laut sebesar 0,5 cm/hari. Dengan panjang bak plastik 31,5 cm dan lebar bak plastik 25 cm, maka besarnya rate penguapan air laut dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Luas} = 31,5 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} = 787,5 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Rate penguapan} = \frac{787,5 \text{ cm}^2 \times 0,5 \text{ cm}}{787,5 \text{ cm}^2 \cdot \text{hari}} = \frac{393,75 \text{ cm}^3}{787,5 \text{ cm}^2 \cdot \text{hari}} = 50 \frac{\text{m}^3}{\text{ha} \cdot \text{hari}}$$

Dari nilai rate penguapan dapat dihitung potensi garam nasional untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Berikut perhitungannya dengan asumsi dalam tambak terdapat:

Basis area:

1 ha;

Tinggi air laut = 10 cm;

Volume = $100 \times 100 \times 0,1 = 1000 \text{ m}^3$.

Massa endapan = 139 gram/liter (139 kg/m^3) dengan konsentrasi NaCl 80%.

Padatan yang dihasilkan = $139 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \text{ m}^3 = 139.000 \text{ kg}$
= 139 ton/ha per batch.

NaCl 80% = $\frac{80}{100} \times 139 = 111,2 \text{ ton/ha per batch}$.

Dari analisa rate penguapan:

1 batch untuk tinggi 10 cm = 20 hari

1 musim = 4 bulan = 120 hari \approx 6 batch

Waktu bongkar muat \approx 10 hari

Sehingga, 1 batch $\approx 20 + 10 = 30$ hari

Maka, total efektif batch = 4 batch

Dan total NaCl teoritis yang dapat diperoleh = $111,2 \times 4 = 444,8 \text{ ton/ha} \approx 450 \text{ ton/ha}$

Asumsi: NaCl keluar dengan *bittern* 40% maka NaCl yang didapatkan = $\frac{60}{100} \times 450 = 270 \text{ ton/ha}$.

Berdasarkan data produktivitas pengamatan antara PT. Garam dan garam rakyat maka produksi/ha.musim = 80 ton. Sehingga, secara teoritis produksi garam PT. Garam atau petani garam bisa ditingkatkan 3,5 kali.

Asumsi produksi garam lokal 800.000 ton maka produksi garam lokal bisa ditingkatkan menjadi $3,5 \times 800.000 \text{ ton} = 2.700.000 \text{ ton}$. Produksi ini melebihi kebutuhan konsumsi dalam negeri yang hanya 1.500.000 ton/tahun.

Perhitungan ekonomi:

| Keterangan | Biaya |
|--|------------------|
| Sewa 1 ha tambak | Rp 10.000.000,- |
| Biaya penyiapan tambak | Rp 1.000.000,- |
| Biaya pekerja 5 orang @ 200.000/hari (1 bulan = 26 hari selama 4 bulan) | Rp 104.000.000,- |
| Biaya total | Rp 115.000.000,- |
| Rate bunga 10% dari biaya total | Rp 11.500.000,- |
| Total | Rp 126.500.000,- |

$$\text{Jika 1 ha} = 80 \text{ ton} = \frac{\text{Rp } 126.500.000,-}{80 \text{ ton}} = \text{Rp } 1.581.250,-/\text{ton}$$

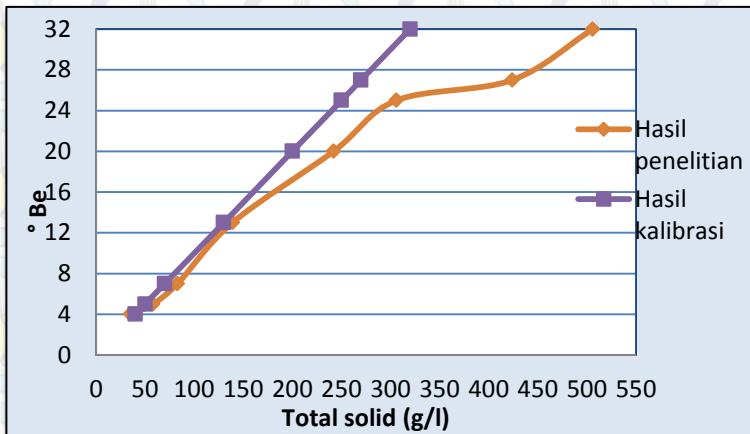
Jadi, harga jual garam rakyat per kg sebesar Rp 1.600,-

IV.2.2 Korelasi ^{90}Be dan Total Solid

Dalam penelitian ini, juga bertujuan untuk mengetahui korelasi hubungan ^{90}Be air laut dengan besarnya kandungan total solid yang dihasilkan. Mekanisme proses yang dilakukan adalah pengukuran ^{90}Be air laut dengan alat *baumemeter* dan penguapan 8 sampel air laut dengan menggunakan alat pemanas berupa oven pada suhu 100 $^{\circ}\text{C}$ sampai air laut teruapkan semua dan menghasilkan kristal garam. Selanjutnya kristal garam yang dihasilkan tersebut kemudian ditimbang dan dihitung kandungan total solid yang diperoleh dari masing-masing variabel air laut tersebut. Berikut ini merupakan data yang menunjukkan hubungan ^{90}Be air laut dan kandungan total solid yang dihasilkan.

Tabel IV.2 Korelasi $^{\circ}\text{Be}$ dengan Total Solid

| Sampel | $^{\circ}\text{Be}$ | Massa endapan dalam 1 liter (g) |
|--------|---------------------|---------------------------------|
| 1 | 4 | 35 |
| 2 | 5 | 58 |
| 3 | 7 | 83 |
| 4 | 13 | 139 |
| 5 | 20 | 242 |
| 6 | 25 | 306 |
| 7 | 27 | 424 |
| 8 | 32 | 506 |



Gambar IV.2 Grafik Korelasi $^{\circ}\text{Be}$ dengan Total Solid

Gambar IV.2 menunjukkan bahwa semakin besar ^0Be dari air laut maka nilai total solid juga semakin meningkat. Hal ini dikarenakan ^0Be ini menunjukkan tingkat kepekatan dari air laut sehingga semakin besar ^0Be air laut maka semakin banyak endapan garam yang dihasilkan. Air laut yang baik mengkristal antara 25-29 ^0Be . Apabila konsentrasi air garam belum mencapai 25 ^0Be maka gips (kalsium sulfat) akan banyak mengendap, dan jika konsentrasi air tua lebih dari 29 ^0Be maka magnesium akan banyak mengendap dan menyebabkan rasa garam lebih pahit (Wilarso, 1996). Dari gambar IV.2 diatas dapat diketahui bahwa pada titik keenam dan ketujuh profil grafik berbentuk landai. Hal ini menunjukkan grafik berada pada *range* terjadinya fenomena kristalisasi yaitu dengan ^0Be sebesar 25 ^0Be dan 27 ^0Be .

Untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan air laut pada sampel keenam dan ketujuh mulai terbentuk kristal, maka dalam penelitian ini dilakukan penguapan air laut pada sampel tersebut. Dari hasil data yang diperoleh menunjukkan bahwa proses awal terbentuknya kristal/fenomena kristalisasi pada titik ketujuh lebih cepat jika dibandingkan dengan titik keenam. Pada sampel keenam dengan ^0Be sebesar 25 ^0Be waktu terbentuknya kristal yang dibutuhkan sebesar 4 hari, sedangkan pada sampel ketujuh dengan ^0Be sebesar 27 ^0Be waktu terbentuknya yang dibutuhkan sebesar 3 hari. Hal ini dikarenakan kandungan total solid garam dalam larutan pada sampel ketujuh (424 g/l) lebih banyak dibandingkan kandungan total solid pada sampel keenam (306 g/l).

IV.2.3 Proses Rekristalisasi Garam Rakyat

IV.2.3.1 Analisa Kandungan Garam Rakyat

Dalam peningkatan kualitas garam rakyat dengan metode rekristalisasi dilakukan penambahan reagen berupa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan Na_2CO_3 . Penambahan reagen ini dilakukan sampai mendapatkan garam yang memenuhi persyaratan sebagai bahan baku industri. Reagen ini berfungsi untuk mengikat zat pengotor berupa ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} merupakan *impurities* terbesar yang terkandung dalam air laut. Keberadaannya menyebabkan produk garam mempunyai kadar NaCl yang cukup rendah.

Dengan rekristalisasi ini diharapkan dapat mengurangi dan menghilangkan zat-zat pengotor dalam sampel garam rakyat. Pengotor dalam sampel sebagian besar merupakan senyawa Ca dan Mg serta pengotor fisik berupa lumpur yang terperangkap dalam kristal garam. Pengotor fisik berupa lumpur tersebut menyebabkan tampilan garam menjadi kecoklatan. Pengotor Ca dan Mg ini membuat rasa dari garam menjadi lebih pahit (Saksono, 2002). Setelah direkristalisasi diperoleh garam yang warnanya lebih putih dan lebih bersih dibandingkan dengan sebelumnya.

Kandungan NaCl , Ca , dan Mg pada sampel awal garam rakyat dan produk hasil rekristalisasi garam rakyat ini dapat diketahui dari hasil analisa. Kadar NaCl dianalisa menggunakan metode titrasi argentometri. Sedangkan kadar Ca dan Mg dianalisa dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Berikut ini hasil analisa yang didapatkan:

Tabel IV.3 Kandungan Awal Sampel Garam Rakyat

| Komponen | Konsentrasi |
|----------------|-------------|
| NaCl, % | 80,12 |
| Ca, % | 0,39 |
| Mg,% | 0,30 |

Tabel IV.3 menunjukkan bahwa konsentrasi NaCl pada sampel awal garam rakyat sangat rendah yaitu sebesar 80,12%, dan konsentrasi pengotor Ca dan Mg juga masih tinggi dan belum memenuhi persyaratan garam industri yang sesuai standar SNI. Hal ini menunjukkan bahwa cukup besar pengotor yang berada pada permukaan garam yang diperoleh langsung dari tambak.

Tabel IV.4 Kandungan Garam Rakyat Hasil Rekrystalisasi

| Komponen | Konsentrasi | | | |
|----------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | Variabel I (Teoritis) | Variabel II (Excess 5%) | Variabel III (Excess 10%) | Variabel IV (Excess 15%) |
| NaCl, % | 87,91 | 93,92 | 97,38 | 99,29 |
| Ca, % | 0,30 | 0,20 | 0,15 | 0,09 |
| Mg, % | 0,23 | 0,12 | 0,07 | 0,04 |

Tabel IV.4 menunjukkan bahwa rekrystalisasi berperan cukup besar dalam meningkatkan kandungan NaCl karena rekrystalisasi dapat menurunkan kadar *impurities* pada garam. Hasil rekrystalisasi garam rakyat untuk variabel I dengan penambahan reagen sesuai perhitungan teoritis menunjukkan adanya kenaikan konsentrasi NaCl dan berkurangnya kandungan pengotor Ca dan Mg. Untuk variabel II dan III dengan excess reagen sebesar 5% dan 10% menunjukkan hasil yang sama dengan variabel I, yaitu konsentrasi NaCl semakin meningkat dan pengotor Ca dan Mg juga semakin berkurang. Konsentrasi NaCl untuk variabel II (93,92%) dan variabel III (97,38%) ini masih jauh dari standar SNI garam industri yaitu 98,5% sehingga dilakukan penambahan reagen dengan excess 15%.

Pada variabel I, II, dan III, garam rakyat yang sudah direkristalisasi masih mengandung magnesium yang dapat menyerap uap air dari udara dan menyebabkan garam menggumpal. Semakin berkurang kadar magnesium dalam garam, sifat menyerap uap airnya juga berkurang.

Pada tahap berikutnya dengan rekristalisasi penambahan reagen dengan excess 15% kandungan pengotor dapat diturunkan lagi sampai nilai yang cukup kecil sehingga didapatkan garam dengan kandungan NaCl yang lebih besar. Pada tahap rekristalisasi ini pengotor-pengotor yang berada atau terperangkap di dalam kristal akan terlepas dari kristal karena pelarutan garam. Selanjutnya proses rekristalisasi mempunyai selektifitas yang cukup tinggi sehingga kadar pengotor yang masih berada dalam kristal yang dihasilkan cukup kecil. Dari hasil analisa pada variabel IV dengan excess 15% menunjukkan bahwa rekristalisasi ini bisa mengurangi kadar Ca dan Mg. Konsentrasi NaCl, Ca, dan Mg yang dihasilkan masing-masing sebesar 99,29%, 0,09%, dan 0,04%. Berdasarkan SNI 06-0303-1989 syarat mutu untuk garam industri maksimal untuk NaCl (98,5%), Ca (0,1%) dan Mg (0,06%). Pada hasil yang diperoleh untuk variabel IV ini telah memenuhi standar SNI kualitas garam industri.

IV.2.3.2 Pengaruh Penambahan Reagen

Pada studi ini digunakan empat variabel penambahan reagen: berdasarkan perhitungan teoritis, excess 5%, excess 10%, dan excess 15%. Garam rakyat yang telah dilarutkan, di-treatment secara kimia dengan penambahan reagen dan disaring kemudian direkristalisasi dengan menggunakan alat pemanas (oven). Garam yang terbentuk selanjutnya ditimbang. Massa endapan garam hasil rekristalisasi ditampilkan dalam tabel di bawah ini:

Tabel IV.5 Massa Garam Hasil Rekrystalisasi

| Variabel | Massa garam hasil rekrystalisasi (gram) | Susut garam (%) | Massa endapan (gram) |
|------------------|---|-----------------|----------------------|
| I (teoritis) | 141,690 | 21,3 | 22,08 |
| II (excess 5%) | 158,238 | 12,1 | 31,24 |
| III (excess 10%) | 164,928 | 8,4 | 37,96 |
| IV (excess 15%) | 169,810 | 5,7 | 40,68 |

Tabel IV.5 menunjukkan bahwa garam rakyat hasil rekrystalisasi untuk variabel I massanya lebih kecil dibandingkan dengan massa hasil rekrystalisasi garam rakyat dengan penambahan excess reagen (variabel II, III, dan IV). Hal ini menunjukkan bahwa jumlah *impurities* pada variabel I yang terikat oleh reagen lebih sedikit jika dibandingkan dengan variabel lainnya. *Impurities* pada garam ini meliputi senyawa yang bersifat higroskopis yaitu MgCl_2 , CaCl_2 , MgSO_4 , CaSO_4 , dan beberapa zat yang bersifat reduktor yaitu Fe, Cu, Zn dan senyawa-senyawa organik. *Impurities-impurities* tersebut dapat bereaksi dengan ion hidroksil (OH^-) sehingga membentuk endapan putih CaCO_3 dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (Bahruddinet *al*, 2003).

Jika massa garam dari hasil penelitian diatas dibandingkan dengan massa garam sesuai perhitungan neraca massa (Appendiks), menunjukkan bahwa massa garam hasil penelitian cenderung lebih besar jika dibandingkan dengan massa garam yang didapatkan sesuai perhitungan neraca massa. Hal ini dipengaruhi oleh adanya excess reagen berupa Na_2CO_3 dengan nilai kelarutan sebesar 11,7 g/L menyebabkan reagen ini mudah larut dan pada garam juga masih mengandung senyawa Na_2SO_4 . Sehingga semakin banyak penambahan excess reagen Na_2CO_3 maka semakin banyak senyawa Na_2SO_4 yang ada pada garam,

dan menyebabkan massa garam yang dihasilkan juga semakin meningkat.

Pada tabel 1V.5 juga menunjukkan bahwa metode rekristalisasi mempengaruhi besarnya % susut garam rakyat, dimana massa sampel awal garam rakyat sebelum direkristalisasi untuk masing-masing variabel sebesar 180 gram dan dengan adanya proses rekristalisasi ini massa garam rakyat dari keempat variabel menjadi berkurang dari massa sampel awal. Hal ini dimungkinkan karena adanya pengotor yang tidak terikat sepenuhnya oleh reagen dan tidak semua NaCl membentuk kristal, sehingga massa garam rakyat yang diperoleh dari hasil rekristalisasi lebih sedikit dari massa garam rakyat sampel awal. Dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin besar excess reagen yang ditambahkan maka besarnya % susut garam cenderung semakin kecil. Hal ini disebabkan kandungan *impurities* utama garam rakyat berupa ion Ca dan Mg semakin berkurang sehingga garam rakyat yang dihasilkan lebih banyak. Bila dihubungkan dengan kandungan Ca dan Mg dalam garam rakyat, dengan semakin sedikitnya kandungan *impurities* tersebut sifat menyerap uap airnya juga semakin berkurang.


Proses rekristalisasi ini juga berhubungan dengan reaksi pengendapan. Endapan merupakan zat yang memisah dari satu fase padat dan keluar ke dalam larutannya. Endapan terbentuk jika larutan bersifat terlalu jenuh dengan zat yang bersangkutan. Kelarutan suatu endapan merupakan konsentrasi molar dari larutan jenuhnya. Kelarutan bergantung dari suhu, tekanan, konsentrasi bahan lain yang terkandung dalam larutan dan komposisi pelarutnya (Svehla G. dalam Lesdantina, 2009).

Pada penelitian ini, proses rekristalisasi dilakukan dengan cara melarutkan kembali garam rakyat dalam *aquadest* sampai jenuh. Kemudian, dilakukan *treatment* secara kimia, yaitu mereaksikannya dengan reagen berupa Ca(OH)_2 dan Na_2CO_3 untuk mengendapkan pengotor berupa ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} sehingga terbentuk endapan CaCO_3 dan Mg(OH)_2 . Larutan

kemudian disaring lalu filtratnya diuapkan sehingga timbul kristal NaCl dengan konsentrasi yang lebih tinggi.

Pada tabel IV.5 diatas juga dapat dilihat bahwa penggunaan reagen berpengaruh terhadap massa endapan yang terbentuk. Massa endapan yang dihasilkan pada variabel I lebih kecil jika dibandingkan dengan ketiga variabel lainnya dengan penambahan excess reagen. Sedangkan untuk variabel dengan penambahan excess pada larutan garam rakyat, pada variabel IV dengan penambahan reagen excess sebesar 15% terjadi kenaikan jumlah endapan yang paling tinggi yaitu sebesar 40,68 gram. Hal ini dipengaruhi oleh banyaknya ion Ca dan Mg yang bereaksi dengan reagen, sehingga dihasilkan endapan yang lebih banyak. Selain itu, juga dikarenakan terjadi pemekatan dalam larutan sehingga CaCO_3 dan Mg(OH)_2 yang ikut terendapkan juga semakin banyak.

Jika massa endapan dari hasil penelitian pada tabel diatas dibandingkan dengan massa endapan sesuai perhitungan neraca massa (Appendiks), menunjukkan bahwa massa endapan hasil penelitian cenderung lebih besar jika dibandingkan dengan massa endapan yang didapatkan sesuai perhitungan neraca massa. Hal ini dipengaruhi oleh adanya penambahan excess reagen berupa Ca(OH)_2 yang mempunyai nilai kelarutan sebesar 7,4 g/L menyebabkan reagen ini cenderung mengendap. Sehingga semakin banyak excess reagen yang ditambahkan maka endapan yang terbentuk juga semakin banyak.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

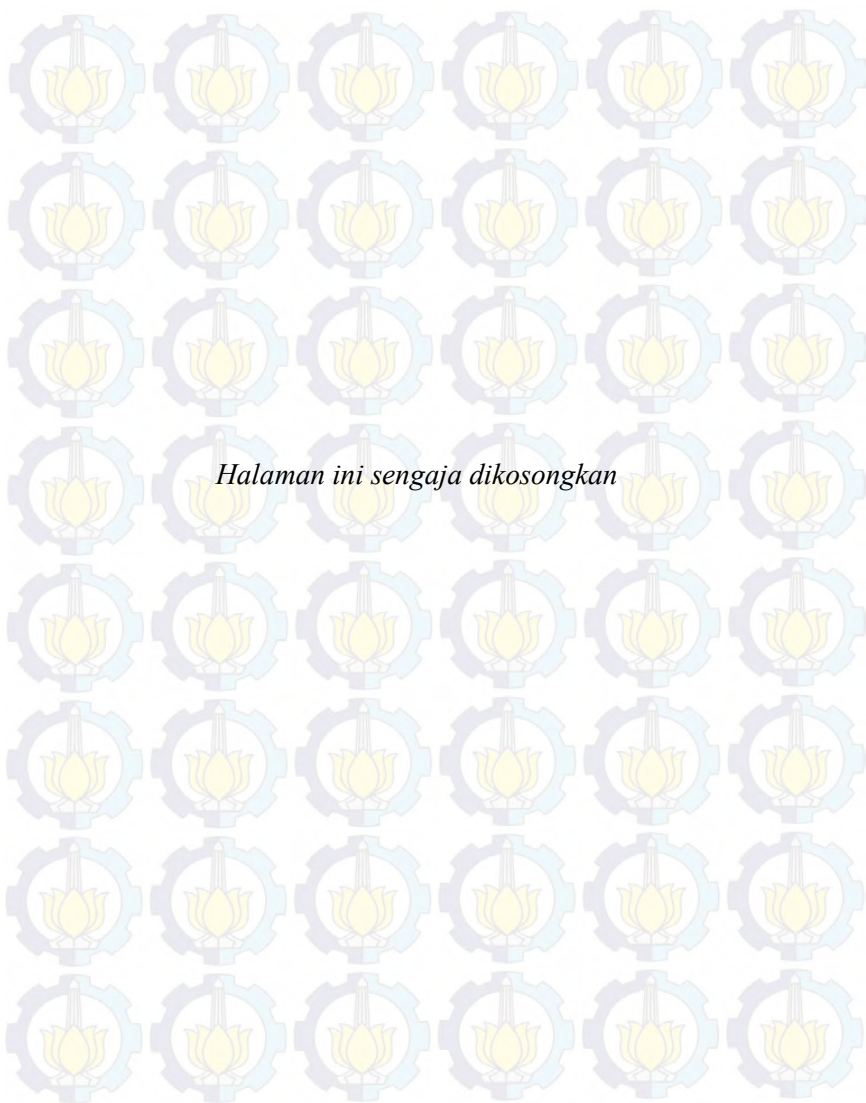
Berdasarkan hasil analisa penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Ketinggian air laut berpengaruh terhadap rate penguapan. Semakin besar ketinggian air laut yang diuapkan maka waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan air laut juga semakin besar.
- 2) Rate penguapan air laut rata-rata sebesar $50 \frac{\text{m}^3}{\text{ha.hari}}$ dan dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa persediaan garam rakyat nasional berpotensi untuk memenuhi kebutuhan konsumsi dalam negeri.
- 3) Semakin besar nilai ^0Be dari air laut maka nilai total solid yang didapatkan juga akan semakin besar.
- 4) Kondisi terbaik pada rekristalisasi garam rakyat dengan proses kimia yaitu dengan penambahan excess sebesar 15% dengan konsentrasi NaCl sebesar 99,29%. Hasil ini telah memenuhi persyaratan garam industri (SNI 06-0303-1989).

V.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan, sebagai berikut:

- 1) Melakukan rekristalisasi dengan penambahan excess reagen yang lebih besar untuk mengetahui hasil konsentrasi NaCl selanjutnya.
- 2) Melakukan secara hati-hati dalam penyaringan filtrat agar endapan pengotor/*impurities* seminimal mungkin tidak bercampur.



DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Chairil. 1994. *Pengantar Praktikum Kimia Organik I*. Yogyakarta: FMIPA Universitas Gajah Mada.
- Bahrudin, Zulfansyah, Aman, Ilyas Arin, Nurfatihayati. 2003. "Penentuan Rasio Ca/Mg Optimum pada Proses Pemurnian Garam Dapur". *Jurnal Natur Indonesia* 6 (1): 16-19.
- Bernaseoni, G. 1995. *Teknologi Kimia*. Jakarta: PT Padya Pranita.
- Day, R.A. Jr & Underwood, A.L. 1986. *Analisis Kimia Kuantitatif*: Alih Bahasa Hadyana P. Jakarta: Erlangga.
- Frianezza, Teresita C. 1988. "*Purification of Brine with Hydrous Metal Oxide Ion Exchangers*". 2357, AmityAve., Gastonia, N.C, 28054.
- Hefni, E. 2003. *Basis Pengolahan Sumber Daya Alam Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Lesdantina, Dina dan Istikomah. 2009. *Pemurnian NaCl dengan Menggunakan Natrium Karbonat*. Semarang: Seminar Tugas Akhir S1 Teknik Kimia Universitas Diponegoro.
- Marihati dan Muryati. 2008. "Pemisahan dan Pemanfaatan Bittern sebagai Salah Satu Upaya Peningkatan Pendapatan Petani Garam". Semarang: *Buletin Penelitian dan Pengembangan Industri* No. 2/Vol. II/Februari.
- Mullin, J.W. 1972. *Crystallization*. London: Butterworths.
- Paryanto, I. 2000. "Pengaruh Penambahan Garam Halus pada Proses Kristalisasi Garam Farmasetis". *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, V2. No. 9.
- Saksono, Nelson. 2002. *Studi Pengaruh Proses Pencucian Garam terhadap Komposisi dan Stabilitas Yodium Garam Konsumsi*. Depok: Universitas Indonesia.
- Schimdt, J-H, Meirhofer, W., Schwaiger, H. 2009. "Process Optimization of Brine Purification and Evaporation for Combined Crystallization of NaCl and Na₂SO₄ by Means of Mechanical Vapour Recompression". *9th International Symposium of Salt*.

Setyopratomo, Puguh dkk. 2003. *Studi Eksperimental Pemurnian Garam NaCl dengan Cara Rekrystalisasi*. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Surabaya.

Wilarso, D. 1996. *Peningkatan Kadar NaCl pada Proses Pencucian Garam Rakyat di Pabrik*. Semarang: Buletin Penelitian dan Pengembangan Industri No. 21.

Wilarso, D dan Wahyuningsih. 1995. *Peningkatan Teknologi Proses Pengolahan Garam Rakyat menjadi Garam Industri dengan Tenaga Surya*. Semarang: Laporan Penelitian BPPI.

<http://cetak.kompas.com>

<http://wikipedia.org>

APPENDIKS

➤ Menghitung kebutuhan reagen:

Basis = 180 gram garam basis kering

$$\text{Ca} = 0,39 \% \times 180 \text{ gr} = 0,702 \text{ gr}$$

$$\text{Mg} = 0,30 \% \times 180 \text{ gr} = 0,540 \text{ gr}$$

$$\text{NaCl} = 80,12 \% \times 180 \text{ gr} = 144,216 \text{ gr}$$

$$m \text{ CaSO}_4 = \frac{136}{40} \times 0,702 \text{ gr} = 2,387 \text{ gr}$$

$$n \text{ CaSO}_4 = \frac{2,387}{136} = 0,0176 \text{ grmol}$$

$$m \text{ CaCl}_2 = \frac{111}{40} \times 0,702 \text{ gr} = 1,948 \text{ gr}$$

$$n \text{ CaCl}_2 = \frac{1,948}{111} = 0,0176 \text{ grmol}$$

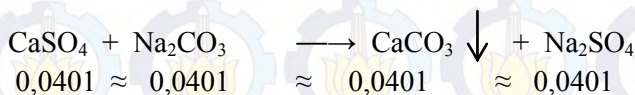
$$m \text{ MgSO}_4 = \frac{120}{24} \times 0,54 \text{ gr} = 2,7 \text{ gr}$$

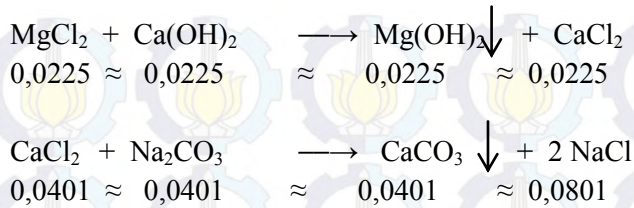
$$n \text{ MgSO}_4 = \frac{2,7}{120} = 0,0225 \text{ grmol}$$

$$m \text{ MgCl}_2 = \frac{95}{24} \times 0,54 \text{ gr} = 2,138 \text{ gr}$$

$$n \text{ MgCl}_2 = \frac{2,138}{95} = 0,0225 \text{ grmol}$$

Reaksi:





Variabel I:

$$\text{Kebutuhan Na}_2\text{CO}_3 \text{ teoritis} = 0,0802 \text{ grmol} \times 106 \frac{\text{gr}}{\text{grmol}} = 8,501 \text{ gr}$$

$$\text{Kebutuhan Ca(OH)}_2 \text{ teoritis} = 0,045 \text{ grmol} \times 74 \frac{\text{gr}}{\text{grmol}} = 3,330 \text{ gr}$$

Variabel II:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Na}_2\text{CO}_3 \text{ dengan excess } 5\% &= \frac{105}{100} \times 0,0802 \text{ grmol} \times \\ 106 \frac{\text{gr}}{\text{grmol}} &= 8,926 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Ca(OH)}_2 \text{ dengan excess } 5\% &= \frac{105}{100} \times 0,045 \text{ grmol} \times \\ 74 \frac{\text{gr}}{\text{grmol}} &= 3,497 \text{ gr} \end{aligned}$$

Variabel III:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Na}_2\text{CO}_3 \text{ dengan excess } 10\% &= \frac{110}{100} \times 0,0802 \text{ grmol} \times \\ 106 \frac{\text{gr}}{\text{grmol}} &= 9,351 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Ca(OH)}_2 \text{ dengan excess } 10\% &= \frac{110}{100} \times 0,045 \text{ grmol} \times \\ 74 \frac{\text{gr}}{\text{grmol}} &= 3,663 \text{ gr} \end{aligned}$$

Variabel IV:

$$\text{Kebutuhan Na}_2\text{CO}_3 \text{ dengan excess } 15\% = \frac{115}{100} \times 0,0802 \text{ grmol} \times 106 \frac{\text{gr}}{\text{grmol}} = 9,776 \text{ gr}$$

$$\text{Kebutuhan Ca(OH)}_2 \text{ dengan excess } 15\% = \frac{115}{100} \times 0,045 \text{ grmol} \times 74 \frac{\text{gr}}{\text{grmol}} = 3,830 \text{ gr}$$

Dengan kemurnian Na_2CO_3 (99,9%) dan Ca(OH)_2 (95%), maka kebutuhan reagen sebenarnya:

| | Na_2CO_3 (gr) | Ca(OH)_2 (gr) |
|---------------------|-------------------------------|------------------------|
| Variabel I | 8,510 | 3,505 |
| Variabel II | 8,935 | 3,681 |
| Variabel III | 9,360 | 3,856 |
| Variabel IV | 9,786 | 4,031 |

➤ **Menghitung persen susut garam rakyat:**

$$X = \frac{M_2}{M_1} \times 100\%$$

Susut = 1-X

Dimana: M_1 = massa sampel sebelum rekristalisasi

M_2 = massa sampel setelah rekristalisasi

X = % recovery

Contoh:

Massa sampel awal M_1 =180 gram

Massa sampel setelah rekristalisasi M_2 = 141,69 gram

$$X = \frac{141,69 \text{ gram}}{180 \text{ gram}} \times 100\% = 78,72\%$$

$$\text{Persen susut} = 100\% - 78,72\% = 21,28\%$$

➤ **Menghitung jumlah endapan:**

$$\text{Jumlah endapan} = W_1 - W_0$$

Dimana : W_0 = massa *crush* kosong

W_1 = massa *crush* + sampel setelah dioven

Contoh:

$$W_0 = 33,56 \text{ gram}$$

$$W_1 = 108,13 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah endapan} &= 108,13 \text{ gram} - 33,56 \text{ gram} \\ &= 141,69 \text{ gram} \end{aligned}$$

➤ **Menghitung kelarutan:**

$$\text{Nilai Ksp Mg(OH)}_2 = 5,61 \times 10^{-6}$$



$$\text{Ksp Mg(OH)}_2 = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2$$

$$5,61 \times 10^{-6} = (s) (2s)^2$$

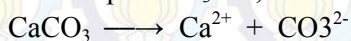
$$5,61 \times 10^{-6} = 4s^3$$

$$s^3 = 1,403 \times 10^{-6}$$

$$s = 1,12 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$s = 0,65 \text{ g/L}$$

$$\text{Nilai Ksp CaCO}_3 = 3,36 \times 10^{-9}$$



$$\text{Ksp CaCO}_3 = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$$

$$3,36 \times 10^{-9} = (s) (s)$$

$$3,36 \times 10^{-9} = s^2$$

$$s = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol/L.}$$

$$s = 0,15 \text{ g/L}$$

Keterangan:

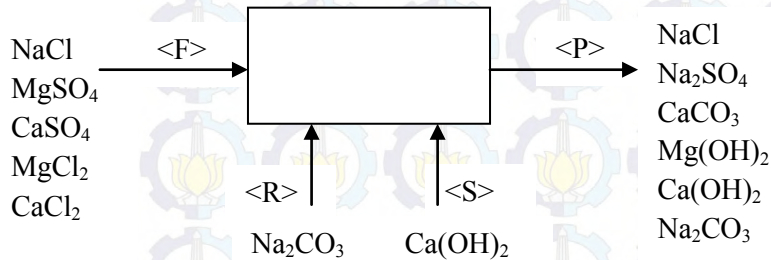
Senyawa yang mempunyai kelarutan (s) kurang dari 1 g/L disebut sukar larut.

Senyawa yang mempunyai kelarutan (s) lebih dari 10 g/L disebut mudah larut.

Senyawa yang mempunyai kelarutan (s) antara 1-10 g/L disebut sedikit larut.

Jadi, dapat disimpulkan bahwa senyawa CaCO_3 dan Mg(OH)_2 sukar larut karena nilai kelarutan dari senyawa tersebut kurang dari 1 g/L.

➤ **Perhitungan Neraca Massa:**

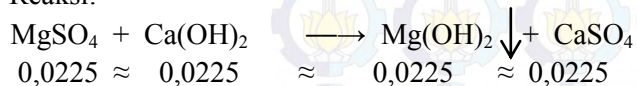


Variabel I (Penambahan reagen secara teoritis):

| No. | Komponen _i | Masuk | | | | | | Generasi _i | Konsumsi _i | Keluar | |
|-----|---------------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| | | xF _i | F _i (grmol) | xR _i | R _i (grmol) | xS _i | S _i (grmol) | | | xP _i | P _i (grmol) |
| 1 | NaCl | 0.9685 | 2.4652 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0802 | 0 | 0.9390 | 2.5454 |
| 2 | MgSO ₄ | 0.0088 | 0.0225 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0225 | 0 | 0 |
| 3 | CaSO ₄ | 0.0069 | 0.0176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0225 | 0.0401 | 0 | 0 |
| 4 | MgCl ₂ | 0.0088 | 0.0225 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0225 | 0 | 0 |
| 5 | CaCl ₂ | 0.0069 | 0.0176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0225 | 0.0401 | 0 | 0 |
| 6 | Na ₂ CO ₃ | 0 | 0 | 1 | 0.0802 | 0 | 0 | 0 | 0.0802 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|---------------------------------|---|--------|---|--------|---|-------|--------|--------|--------|--------|
| 7 | Ca(OH) ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.045 | 0 | 0.045 | 0 | 0 |
| 8 | CaCO ₃ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0802 | 0 | 0.0296 | 0.0802 |
| 9 | Mg(OH) ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.045 | 0 | 0.0166 | 0.045 |
| 10 | Na ₂ SO ₄ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0401 | 0 | 0.0148 | 0.0401 |
| | Total | 1 | 2.5454 | 1 | 0.0802 | 1 | 0.045 | 0.2905 | 0.2504 | 1 | 2.7107 |

Reaksi:



Kebutuhan Na₂CO₃ teoritis = 0,0802 grmol

Kebutuhan Ca(OH)₂ teoritis = 0,045 grmol

Massa endapan yang dihasilkan:

$$\text{CaCO}_3 = 0,0802 \text{ grmol} \times 100 \text{ gr/grmol} = 8,02 \text{ gr}$$

$$\text{Mg(OH)}_2 = 0,045 \text{ grmol} \times 58 \text{ gr/grmol} = 2,61 \text{ gr}$$

Total endapan = 10,63 gr

Massa garam yang dihasilkan:

$$\text{NaCl} = 2,5454 \text{ grmol} \times 58,5 \text{ gr/grmol} = 148,906 \text{ gr}$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 = 0,0401 \text{ grmol} \times 142 \text{ gr/grmol} = 5,694 \text{ gr}$$

Total garam = 154,60 gr

Variabel II (Penambahan reagen dengan excess 5%):

| No. | Komponen _i | Masuk | | | | | | Generasi _i | Konsumsi _i | Keluar | |
|-----|---------------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| | | xF _i | F _i (grmol) | xR _i | R _i (grmol) | xS _i | S _i (grmol) | | | xP _i | P _i (grmol) |
| 1 | NaCl | 0.9685 | 2.4652 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0802 | 0 | 0.9369 | 2.5454 |
| 2 | MgSO ₄ | 0.0088 | 0.0225 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0225 | 0 | 0 |
| 3 | CaSO ₄ | 0.0069 | 0.0176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0225 | 0.0401 | 0 | 0 |
| 4 | MgCl ₂ | 0.0088 | 0.0225 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0225 | 0 | 0 |
| 5 | CaCl ₂ | 0.0069 | 0.0176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0225 | 0.0401 | 0 | 0 |
| 6 | Na ₂ CO ₃ | 0 | 0 | 1 | 0.0842 | 0 | 0 | 0 | 0.0802 | 0.0015 | 0.0040 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|--------------------------|---|--------|---|---------|---|--------|--------|--------|--------|---------|
| 7 | Ca(OH)_2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.0473 | 0 | 0.045 | 0.0008 | 0.0023 |
| 8 | CaCO_3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0802 | 0 | 0.0295 | 0.0802 |
| 9 | Mg(OH)_2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.045 | 0 | 0.0166 | 0.045 |
| 10 | Na_2SO_4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0401 | 0 | 0.0148 | 0.0401 |
| | Total | 1 | 2.5454 | 1 | 0.08421 | 1 | 0.0473 | 0.2905 | 0.2504 | 1 | 2.71696 |

Massa endapan yang dihasilkan:

$$\text{CaCO}_3 = 0,0802 \text{ gr/mol} \times 100 \text{ gr/mol} = 8,02 \text{ gr}$$

$$\text{Mg(OH)}_2 = 0,045 \text{ gr/mol} \times 58 \text{ gr/mol} = 2,61 \text{ gr}$$

$$\text{Ca(OH)}_2 = 0,0023 \text{ gr/mol} \times 74 \text{ gr/mol} = 0,1702 \text{ gr}$$

$$\text{Total endapan} = 10,8002 \text{ gr}$$

Massa garam yang dihasilkan:

$$\text{NaCl} = 2,5454 \text{ gr/mol} \times 58,5 \text{ gr/mol} = 148,906 \text{ gr}$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 = 0,0401 \text{ gr/mol} \times 142 \text{ gr/mol} = 5,694 \text{ gr}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 = 0,0040 \text{ gr/mol} \times 106 \text{ gr/mol} = 0,425 \text{ gr}$$

$$\text{Total garam} = 155,025 \text{ gr}$$

Variabel III (Penambahan reagen dengan excess 10%):

| No. | Komponen _i | Masuk | | | | | | Generasi _i | Konsumsi _i | Keluar | |
|-----|---------------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| | | xF _i | F _i (grmol) | xR _i | R _i (grmol) | xS _i | S _i (grmol) | | | xP _i | P _i (grmol) |
| 1 | NaCl | 0.9685 | 2.4652 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0802 | 0 | 0.9347 | 2.5454 |
| 2 | MgSO ₄ | 0.0088 | 0.0225 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0225 | 0 | 0 |
| 3 | CaSO ₄ | 0.0069 | 0.0176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0225 | 0.0401 | 0 | 0 |
| 4 | MgCl ₂ | 0.0088 | 0.0225 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0225 | 0 | 0 |
| 5 | CaCl ₂ | 0.0069 | 0.0176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0225 | 0.0401 | 0 | 0 |
| 6 | Na ₂ CO ₃ | 0 | 0 | 1 | 0.0882 | 0 | 0 | 0 | 0.0802 | 0.0029 | 0.0080 |
| 7 | Ca(OH) ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.0495 | 0 | 0.045 | 0.0017 | 0.0045 |
| 8 | CaCO ₃ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0802 | 0 | 0.0295 | 0.0802 |
| 9 | Mg(OH) ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.045 | 0 | 0.0165 | 0.045 |
| 10 | Na ₂ SO ₄ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0401 | 0 | 0.0147 | 0.0401 |
| | Total | 1 | 2.5454 | 1 | 0.08822 | 1 | 0.0495 | 0.2905 | 0.2504 | 1 | 2.72322 |

Massa endapan yang dihasilkan:

$$\text{CaCO}_3 = 0,0802 \text{ grmol} \times 100 \text{ gr/grmol} = 8,02 \text{ gr}$$

$$\text{Mg(OH)}_2 = 0,045 \text{ grmol} \times 58 \text{ gr/grmol} = 2,61 \text{ gr}$$

$$\text{Ca(OH)}_2 = 0,0045 \text{ grmol} \times 74 \text{ gr/grmol} = 0,555 \text{ gr}$$

Total endapan = 11,185 gr

Massa garam yang dihasilkan:

$$\text{NaCl} = 2,5454 \text{ grmol} \times 58,5 \text{ gr/grmol} = 148,906 \text{ gr}$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 = 0,0401 \text{ grmol} \times 142 \text{ gr/grmol} = 5,694 \text{ gr}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 = 0,0080 \text{ grmol} \times 106 \text{ gr/grmol} = 0,848 \text{ gr}$$

Total garam = 155,448 gr

Variabel IV (Penambahan reagen dengan excess 15%):

| No. | Komponen _i | Masuk | | | | | | Generasi _i | Konsumsi _i | Keluar | |
|-----|-----------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| | | xF _i | F _i (grmol) | xR _i | R _i (grmol) | xS _i | S _i (grmol) | | | xP _i | P _i (grmol) |
| 1 | NaCl | 0.9685 | 2.4652 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0802 | 0 | 0.9326 | 2.5454 |
| 2 | MgSO ₄ | 0.0088 | 0.0225 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0225 | 0 | 0 |
| 3 | CaSO ₄ | 0.0069 | 0.0176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0225 | 0.0401 | 0 | 0 |
| 4 | MgCl ₂ | 0.0088 | 0.0225 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0225 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|---------------------------------|--------|--------|---|---------|---|--------|--------|--------|--------|---------|
| 5 | CaCl ₂ | 0.0069 | 0.0176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0225 | 0.0401 | 0 | 0 |
| 6 | Na ₂ CO ₃ | 0 | 0 | 1 | 0.0922 | 0 | 0 | 0 | 0.0802 | 0.0044 | 0.0120 |
| 7 | Ca(OH) ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.0518 | 0 | 0.045 | 0.0025 | 0.0068 |
| 8 | CaCO ₃ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0802 | 0 | 0.0294 | 0.0802 |
| 9 | Mg(OH) ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.045 | 0 | 0.0165 | 0.045 |
| 10 | Na ₂ SO ₄ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0401 | 0 | 0.0147 | 0.0401 |
| | Total | 1 | 2.5454 | 1 | 0.09223 | 1 | 0.0518 | 0.2905 | 0.2504 | 1 | 2.72948 |

Massa endapan yang dihasilkan:

CaCO₃ = 0,0802 grmol x 100 gr/grmol = 8,02 gr

Mg(OH)₂ = 0,045 grmol x 58 gr/grmol = 2,61 gr

Ca(OH)₂ = 0,0068 grmol x 74 gr/grmol = 0,5032 gr

Total endapan = 11,1332 gr

Massa garam yang dihasilkan:

NaCl = 2,5454 grmol x 58,5 gr/grmol = 148,906 gr

Na₂SO₄ = 0,0401 grmol x 142 gr/grmol = 5,694 gr

Na₂CO₃ = 0,0120 grmol x 106 gr/grmol = 1,272 gr

Total garam = 155,872 gr

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Ngawi, 21 Agustus 1992. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Dharma Wanita Madiun, SDN Golan 1, SMPN 1 Sawahan, SMAN 1 Nglames Madiun dan D3 Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang. Setelah lulus dari D3 Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang tahun 2013. Penulis mengikuti Seleksi Ujian Masuk Lintas Jalur jurusan Teknik Kimia

ITS dan terdaftar dengan NRP. 2313106017. Di Jurusan Teknik Kimia ini, Penulis mengerjakan Pra Desain Pabrik dan Tugas Akhir di Laboratorium Teknik Reaksi Kimia.

Alamat email: nurul994@ymail.com



Penulis dilahirkan di Probolinggo, 20 April 1992. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDN Sindetlami 1, SMPN 1 Besuk, SMAN 1 Kraksaan dan D3 Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang. Setelah lulus dari D3 Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang tahun 2013. Penulis mengikuti Seleksi Ujian Masuk Lintas Jalur jurusan Teknik Kimia ITS dan terdaftar dengan NRP. 2313106019. Di Jurusan Teknik Kimia ini, Penulis mengerjakan Pra Desain Pabrik dan Tugas Akhir di Laboratorium Teknik Reaksi Kimia.
email: aprillyia25@gmail.com